DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang. 17. Oktober 1919. Heft 42.

Genetik und Mimikry.

Von E. Study, Bonn.

Was kann die moderne Erblichkeitsforschung zum Verständnis der Mimikry beitragen? — Sehr wenig, wird man zunächst wohl meinen. Denn daß der phylogenetische Fortschritt durch bloße Kombinationen von schon Vorhandenem nicht zustande gekommen sein kann, liegt auf der Hand, die eigentlichen Neubildungen — die Mutationen — aber sind in Kulturen zu spärlich aufgetreten, als daß man aus den vorliegenden Beobachtungen weitreichende Schlüsse ziehen könnte, und viele Mutationen sind auch gar nicht von der Art, daß ihnen eine stammesgeschichtliche Bedeutung zukommen könnte (Defekte, erbliche Verkrüppelungen und ähnliches). Alles, was sich zunächst zu ergeben scheint, ist die Bestätigung von *Darwins* Ansicht, daß die verwickelteren Anpassungen überhaupt, und also auch die vollendeteren Beispiele von Mimikry ihre Entstehung der Summation oder Hintereinanderschaltung vieler *kleiner* erblicher Änderungen verdanken werden, d. h. solcher Mutationen, die wenig auffällig sind oder höchstens so beschaffen, wie etwa die Änderung einer Blütenfarbe oder die Änderung der Grundfärbung eines Schmetterlingsflügels. Noch niemals hat man ja bei Kulturformen so radikale Änderungen gleich in einer Menge von Strukturen beobachtet, wie sie nötig wären, um z. B. die Trachten der verschiedenen Weibchen des berühmten Falters *Papilio dardanus* (*merope*) unvermittelt, sprunghaft, aus dem auch für die Weibchen vorauszusetzenden Kleid hervorgehen zu lassen, das das Männchen noch heute trägt, und das uns auch beim Weibchen in Inselrassen und in Abessynien noch erhalten ist.

Nun ist im Jahre 1915 ein Buch *Mimicry in Butterflies* erschienen, dessen Verfasser den eben bezeichneten Sachverhalt zwar nicht geradezu in Abrede stellt, aber tatsächlich ganz andere Folgerungen aus der Erblichkeitslehre ziehen will. Herr *R. C. Punnett, F. R. S.*, ist *Professor of Genetics* an der Universität Cambridge (England), und schon um dieser seiner öffentlichen Stellung willen verdient seine Ansicht Beachtung. Diese geht nun dahin, daß *jede* solche Anpassung *mit einem Male*, also durch je eine *einzige* Mutation aus meistens ganz anders beschaffenem Material entstanden sein muß, und daß sie dann *unter dem Einfluß der Selektion*, eben weil sie durch die Möglichkeit einer Verwechselung mit einem geschützten Modelle vorteilhaft war, erhalten geblieben ist. *Punnett* schließt sich also in seinem Spezialfall der Meinung von *de Vries* an, der neuerdings alle phylogenetisch bedeutsamen Änderungen (nicht nur Anpassungen) durch solche *größere* (von anderen zuweilen *Saltationen* genannte) Sprünge zustande kommen läßt (Naturwissenschaften 1916, S. 593 u. ff.).

Ganz neu ist diese Lehrmeinung freilich nicht, und sie brauchte auch nicht erst auf dem Boden der Genetik zu erwachsen. Die Idee „plötzlicher" Änderungen ist sehr alt, sie findet sich z. B. bei *Et. Geoffroy-Saint-Hilaire*. Eben denselben Gedanken hatten dann *Darwin* und *Bates* erörtert, freilich nur, um ihn zurückzuweisen. Nach *Darwin* sind zahllose Anpassungen viel zu fein, als daß man ernsthaft daran denken könnte, sie als das ausschließliche Produkt von *sports* oder *single variations* (d. h. eben gewaltsamen Mutationen oder „Saltationen") aufzufassen — ein schwerwiegendes Argument, mit dem auffallenderweise weder *Punnett* sich auseinandergesetzt hat, noch vor ihm (soviel ich weiß) *de Vries*. *Bates* aber hat ganze Reihen von Lokalvarietäten mimetischer Falter abgebildet, von denen einige bessere, andere schlechtere Übereinstimmung mit ihren Modellen zeigen (Transactions of the Linnean Society *23*, 1872). 1893 hat sodann der Zoologe *C. Emery* in einer anscheinend ganz in Vergessenheit geratenen Arbeit eben diesen Gedanken entwickelt[1]) (Biologisches Zentralblatt Bd. *13*, S. 408). Es findet sich bei ihm bereits ziemlich genau die erst viel später zur Geltung gekommene Gliederung des Sammelbegriffs „Variation" in *Modifikationen*, *Kombinationen* und *Mutationen*. Außerdem aber hatte *Emery*, im Gegensatz zu *de Vries* und *Punnett*, auch dem Einwand *Darwins* Rechnung getragen, indem er neben den großen Sprüngen zur Ausarbeitung der feineren Anpassungen auch kleine zuließ — also, nach späterer Terminologie, *ebensolche Mutationen, wie sie in den Experimenten der Erblichkeitsforscher in den letzten Dezennien wirklich zum Vorschein gekommen sind*. Schließlich ist auch die Ähnlichkeit nicht zu verkennen, die der Gedanke *Punnetts* mit *Eimers* Ideen von einer „unabhängigen Entwicklungsgleichheit" hat (*Homöogenesis*, 1897). Auch *Eimer* nahm ja eine sprunghafte Entwicklung (*Halmatogenesis*) an. Außer den Namen von *Emery* und *Eimer* habe ich übrigens in dem Buche von *Punnett* auch den

[1]) Insbesondere führt *Emery* das Beispiel gewisser Phasmiden an, die neben geflügelten Männchen auch sekundär und dann vielleicht plötzlich entstandene ungeflügelte haben.

des Botanikers *Korschinsky* vermißt, der bei aller Abweichung der Grundauffassung in diesem Zusammenhang doch wohl eine Erwähnung verdient hätte.

Versuchen wir uns nun ein Urteil zu bilden, so ist *die Kardinalfrage* natürlich die: Paßt das Vorgetragene zu den bekannten Tatsachen? Das aber ist schlechthin zu verneinen. Hier scheint dem Herrn Verfasser der (nach der Vorrede zu schließen) nur geringe Umfang seiner Privatsammlung, vielleicht auch eine zu weit getriebene Rücksicht auf die Spezialinteressen gewisser entomologischer Liebhaber, verhängnisvoll geworden zu sein. Mit einer wohl schon fertigen Meinung hat er seine Arbeit begonnen, deren Stoff seinem sonstigen Tätigkeitsfeld ziemlich fern liegt, und als er diese Ansicht in einem ziemlich eng abgegrenzten Kreis von Tatsachen bestätigt fand — oder zu finden glaubte —, hat er sich zu schnell beruhigt.

Das englische Wort *Butterfly* ist nicht so, wie manches Lexikon es angibt, nämlich nicht mit Schmetterling zu übersetzen. Es bezeichnet vielmehr nur, in Übereinstimmung mit niederdeutschen Dialekten (Butterfliege, Buttervogel), die in unserer Literatur, sehr unzweckmäßigerweise, vielfach schlechthin sogenannten Tagfalter, d. h. die Familiengruppen der *Rhopalocera* und *Grypocera*. Alle anderen Familien der Schmetterlinge — deren viele ebenfalls bei Tage fliegen — heißen im Englischen *moths*, „Motten". Zu diesen Motten gehören also alle unsere Schwärmer, Spinner, Spanner usw., nicht etwa nur das Heer der „Kleinschmetterlinge" (*Microlepidoptera*). Von solchen „Motten" werden von *Punnett* nur ganz wenige, zufällig herausgegriffene Beispiele berücksichtigt, obwohl gerade sie in einem Buche, das zu neuen Beobachtungen anregen will, eine besondere Berücksichtigung verdient hätten[1]). Die Mimikryerscheinungen sind ja nicht auf jene Tagfalter beschränkt, sondern sie verknüpfen Falter der verschiedensten Familien und darüber hinaus Schmetterlinge mit anderen Ordnungen der Insekten und selbst mit leblosen Gegenständen, ferner Insekten der verschiedensten Ordnungen untereinander; auch gibt es solche bei Spinnen, Krustaceen und selbst Wirbeltieren. Und daran scheitert die Punnettsche Theorie.

Punnetts Gedankengang ist dieser: Es mag sein, daß in den verschiedensten Familien der Schmetterlinge aus unbekannten Ursachen (eben denen von *Eimers* angeblicher Homöogenesis) dieselben Entwicklungsanlagen (Gene) auftreten. Dann müssen uns diese Falter auch sehr ähnliche Farbenmuster zeigen[2]). Und so soll es namentlich in den Fällen von Mimikry zugegangen sein.

Man findet nun z. B. in *R. Hertwigs* Lehrbuch der Zoologie (10. Auflage, 1912) auf S. 39 zwei Schmetterlinge aus derselben Gegend abgebildet, auf die dieser Gedanke passen könnte[1]). Dicht daneben aber steht das Beispiel eines Käfers und einer Wespe, auf das ein solcher Gedanke bestimmt nicht mehr paßt. Denn hier wird *der Vorderflügel* der Wespe durch den *Hinterflügel* des Käfers nachgeahmt, dessen Vorderflügel (Flügeldecken) verkümmert sind. Solche Beispiele gibt es unzählige, und *sie sind durch eine Menge von Zwischenstufen mit denen der ersten Art verbunden*. Wie kann man auch nur einen Augenblick daran denken, daß da „dieselben Entwicklungsanlagen" im Spiele sein könnten? Tatsächlich behauptet Herr *Punnett* auch nichts derartiges. Aber er spricht eben nicht von diesen Fällen, die sich von den übrigen *nicht qualitativ*, sondern nur quantitativ unterscheiden, nämlich durch den z. B. im Falle des Käfers und der Wespe viel geringeren Grad der Verwandtschaft, und entsprechend größeres Ausmaß der strukturellen Unterschiede. Das ganze große Heer der Syntomiden, die freilich keine „Buttervögel" sind, aber doch mit größtem Erfolg Wespen nachahmen, zuweilen bis auf die Taille und den Schein eines Legestachels, bleibt in dem Buche von *Punnett* vollkommen unerwähnt! Ja hätte Herr *Punnett* auch nur die von ihm selbst behandelten Beispiele genauer untersucht, so hätte er auch da schon dieselbe Erscheinung (Auftreten äußerlich ähnlicher Zeichnungen und Farben unter morphologisch verschiedenen Umständen) finden müssen, freilich bei der großen strukturellen Ähnlichkeit aller Buttervögel nicht in so auffälliger Weise.

Wir müssen also den besprochenen Gedanken völlig ablehnen: Richtig daran, aber nicht neu, dürfte nur so viel sein, daß zur Erklärung der Mimikryerscheinungen die kleinen, wenig auffälligen Mutationen nicht immer ausreichen.

Übrigens unterliegt der Punnettsche Versuch auch noch anderen Bedenken. Die *geographische Verteilung* der Mimikryerscheinungen zwingt nämlich den Vertreter einer solchen Theorie zu der Annahme, daß solche Mutationen, wie *Punnett* sie allein als bedeutungsvoll gelten lassen will, *nur* dann erhalten bleiben konnten, wenn sie nützlich waren. Zu der weiteren Hypothese, daß es sich gerade hier um eine besondere Art des Mutierens handele, liegt aber keinerlei Grund vor. Also ergibt sich die Folgerung, daß in der lebendigen Natur „alles"

[1]) Dasselbe gilt von den zu den Buttervögeln gehörigen *Erycinidae*, von denen überhaupt nicht die Rede ist. Hier sind sogar unsere Kenntnisse noch am allerdürftigsten.

[2]) Schon dieser Schluß ist anfechtbar. In sehr verschiedener Umgebung der heranwachsenden und sich teilenden Körperzellen muß sich das Dasein derselben Radikale auf sehr verschiedene Art geltend machen.

[1]) Der eine dieser Falter ist *Dismorphia* (*Leptalis*) *orise* ♀. *Punnett* bildet als *Dismorphia orise* schlechthin das ziemlich viel anders aussehende Männchen derselben Art ab. — Im Interesse der Leser des Punnettschen Buches sei hier noch angemerkt, daß auf Tafel VI die Ziffern 2, 3 zu vertauschen sind, und daß der auf Tafel XII unten abgebildete nicht genauer benannte Schmetterling *Castnia heliconoides* ist.

angepaßt sein muß — so wie *A. Weismann* es tatsächlich behauptet hat. Herr *Punnett* scheint diese Folgerung aus seinen Voraussetzungen gar nicht gezogen zu haben, sonst hätte er sich mit den nach Ansicht Vieler unlösbaren Schwierigkeiten herumschlagen müssen, in die man damit gerät.

Wo steckt nun der Fehler? Ganz gewiß nicht in der Erblichkeitslehre, auf die sich Herr *Punnett* und mit ihm neuerdings, in einer Rezension des Punnettschen Buches, Herr *Federley beruft*[1]). Die Genetik ist durch die Experimentalforschungen von *Johannsen* und seiner Schule viel zu sorgfältig und solide begründet, als daß die hier zutage getretene Diskrepanz von Theorie und Tatsachen auf sie zurückfallen könnte. Es muß also die theoretische Argumentation mangelhaft sein.

Die zufolge einer einzelnen Mutation neu aufgetretenen Eigenschaften mendeln. Das hat die Erfahrung gelehrt. Herr *Punnett* legt nun an der Hand einer Experimentaluntersuchung von *J. C. F. Fryer* dar, daß die verschiedenen Weibchenformen des polymorphen Falters *Papilio polytes* den Mendelschen Regeln folgen. Auch hiergegen ist nichts einzuwenden, es ist dieses Kapitel ohne Zweifel sogar der wichtigste Teil von *Punnetts* Buch. Nun aber wird der Schluß gemacht: Weil diese Eigenschaften mendeln, sind sie mit einem Male (durch eine einzige Mutation oder besser Saltation) aus der ursprünglich allein vorhandenen Form entstanden, die dem Männchen der Art ähnlich ist. Das heißt, es wird ein richtiger Satz auf unerlaubte Weise umgekehrt. Nichts derart lehrt die Genetik.

Machen wir uns die Sache an einem Schulbeispiel klar, das nicht erst eine Vertiefung in komplizierte Erblichkeitsformeln erfordert!

Wie angenommen wird und wie mindestens hier ganz gewiß angenommen werden darf, ergibt sich die Art der Geschlechtsvererbung beim Menschen aus der Formel Ww (Mann) und WW (Weib) für die Zygoten. Nehmen wir nun weiter an, daß durch Mutation an einer Erbeinheit W etwa beim Weib eine Änderung auftritt (Anlage zur Rotgrünblindheit), so daß an Stelle der obigen Formeln in einigen Paaren die anderen Ww, WW' treten[2]). Die Nachkommenschaft eines solchen Paares gehört dann, theoretisch, zu der Formel:

$$Ww + W'w + WW + WW'.$$

Unter den Nachkommen der Paare vom Typus $W'w$, WW' befinden sich nun auch solche, die den Formeln $W'w$, $W'W'$ zugehören. Nehmen wir an, daß die Mutation $W \rightarrow W'$ vorteilhaft war (was bei Rotgrünblindheit natürlich nicht zutrifft), so kann eine Selektion es bewirken, daß schließlich überhaupt nur noch diese Kombinationen da sind. Nichts hindert nun, daß derselbe Prozeß mit einer neuen Mutation (Hinzutreten einer Form der Nachtblindheit) $W' \rightarrow W''$ nochmals einsetzt und vollständig abläuft. Dann ist also schließlich eine Änderung $W \rightarrow W''$ eingetreten, *die so aussieht, als ob sie in einem Schritte entstanden wäre*, tatsächlich aber in zweien entstanden ist ($W \rightarrow W' \rightarrow W''$). Und wenn dann W und W'' wieder zusammenkommen, so werden auch diese Anlagen mendeln (wenn sie nicht, was unwahrscheinlich, bereits zu weit von einander entfernt sind). Die dazwischen aufgetretene Anlage W' wird isoliert, in greifbarer Form, bei der Spaltung von $W''w$ und $W''W''$ überhaupt nicht zum Vorschein kommen.

Es ist also nicht zutreffend, was *Punnett* (S. 141) behauptet, daß das Nichterscheinen von Mittelbildungen bei Kreuzungen der Extreme einen Einwand — und zwar einen Haupteinwand — gegen die herkömmliche Mimikrytheorie darstellt. Die heutige Erblichkeitslehre gibt auf die Frage nach der Entstehung der Mimikryerscheinungen und der Anpassungen tatsächlich keine Antwort. Was sie wirklich lehrt, ist nur, daß in den der Selektionstheorie zugrunde liegenden theoretischen Erwägungen an Stelle der sogenannten kontinuierlichen Variabilität Mutationen zu setzen sind, die von einer Generation zur anderen mit bestimmtem, nicht zu unterschreitendem Größenmaß auftreten. Erschließen läßt sich dann noch, daß am stammesgeschichtlichen Geschehen Koppelungen von Erbeinheiten in hohem Maße beteiligt sein müssen.

Wegen fernerer Einwände, die *Punnett* erhebt, kann auf eine Darlegung verwiesen werden, die kürzlich in den „Naturwissenschaften" erschienen ist. Man findet dort auch eine abweichende Ansicht über den von *Punnett* (auf Tafel IV) abgebildeten sogenannten Mimikryring der Insel Ceylon dargelegt (1919, S. 395). Nicht einverstanden bin ich ferner mit *Punnetts* Polemik gegen *Fritz Müller* und mit der gegen *Poulton* (S. 41). Indessen ist mir der Gedanke wenig sympathisch, in einem Falle wie diesem die Kritik allzustark zu betonen. Das Werkchen des Herrn *Punnett* ist ein liebenswürdiges Buch, anregend und behaglich zu lesen, und bei seiner hübschen Ausstattung wohl geeignet, Beobachter in tropischen Ländern für den Gegenstand zu interessieren und zu weiteren Experimenten zu ermutigen. Sehr angenehm berührt es besonders, daß in *Punnetts* Art zu polemisieren keine Spur jener schulmeisterlichen, mit krasser Unkenntnis gepaarten Überlegenheit zu finden ist, die die Beschäftigung mit so ziemlich der gesamten antidarwinistischen Literatur unserer Tage so widerwärtig macht.

In einem Anhang wird eine Tafel mitgeteilt, die den Verlauf einer durch viele Generationen hindurch ausgeübten Selektionswirkung aufweisen

[1]) Dieser leider in sehr verschärfter Tonart. Zeitschrift für induktive Abstammungslehre Bd. *19*, 1918, S. 213.

[2]) Siehe *F. Lenz*, Archiv für Rassen- und Gesellschaftsbiologie Bd. *13*, 1918, S. 1 ff.

soll. Hierüber sind so viele verkehrte Vorstellungen verbreitet, daß es wirklich sehr zu begrüßen wäre, wenn darin einmal ein gründlicher Wandel herbeigeführt werden könnte, und dazu dürften Tafeln dieser Art sehr geeignet sein. Leider fehlt über die Methode der Berechnung jede Andeutung, und was die Angabe besagen soll, die Fehler hielten sich innerhalb von 5 %, ist mir nicht klar, da es sich zum Teil um Abrundungen auf ganze Zahlen der ersten Dekade handelt. Hoffentlich wird der Hersteller dieser Tafel, Herr *H. T. J. Norton*, sein Verfahren veröffentlichen.

Die Entwicklung der Verstärkerröhre und ihre Verwendung.

Von Dr. F. Gehrts, Berlin-Charlottenburg.

Durch das einheitliche Zusammenarbeiten der hervorragendsten wissenschaftlichen und technischen Kräfte hat die Entwicklung des Fernsprech- und Telegraphenwesens, besonders auch der Funkentelegraphie, unter dem Druck der Kriegsnotwendigkeit in den wenigen Kriegsjahren einen derartig rapiden Aufschwung genommen, wie wir ihn bei normalen Verhältnissen in so kurzer Zeit wohl kaum hätten erwarten dürfen. Ein wesentlicher Faktor bei dieser raschen Entwickelung war die Einführung und technische Vervollkommnung der Verstärkerröhre. Trotz ihrer äußerlichen Unscheinbarkeit ist sie sowohl für die Drahttelephonie wie für die drahtlose Telegraphie und Telephonie von epochemachender Bedeutung geworden, und der Bereich der Verwendungsmöglichkeiten auch außerhalb der Nachrichtentechnik erscheint bei weitem noch nicht erschöpft.

Die Versuche, für die Zwecke der Telephonie ein Relais zu schaffen, reichen weit zurück und hatten schon vor Einführung des Kathoden röhrenrelais in dem Brownschen Verstärker zu einer verhältnismäßig brauchbaren rein mechanischen Konstruktion geführt; mit einem derartigen Relais erhält man schon eine etwa 20-fache Verstärkung oder eine Verstärkung von etwa $\beta l = 3{,}0$[1]).

[1]) Es ist in der Fernsprechtechnik üblich, den Verstärkungsgrad eines Verstärkers nicht durch das Verhältnis der Stromamplituden vor und hinter dem Verstärker anzugeben, sondern in βl. Man versteht darunter den Betrag an Dämpfung, den man vor den Verstärker schalten muß, um dieselbe Amplitude wie ohne Verstärker zu erhalten. Den Wert βl bezeichnet man als den *Dämpfungsexponenten* einer Leitung, wobei l die Länge der Leitung in Kilometer und β die sogenannte spezifische Dämpfung der Leitung (abhängig von Widerstand, Selbstinduktion, Kapazität und Ableitung) bedeutet. Die Bezeichnung Dämpfungsexponent rührt daher, daß bei einer Leitung mit einem bestimmten βl sich die Stromamplituden am Anfang und Ende wie $1 : e^{-\beta l}$ verhalten. Die Angabe des Verstärkungsgrades eines Verstärkers in βl hat infolgedessen den Vorteil, daß sie ohne weiteres ersehen läßt, um welchen Betrag sich die Sprechfähigkeit einer Leitung durch den Einbau einer Verstärkeranordnung erhöht.

Der große Nachteil dieser Relais besteht aber in der außerordentlichen Empfindlichkeit gegen mechanische Erschütterungen und der Notwendigkeit einer dauernden Nachregulierung. Dazu kommt noch, daß eine Hintereinanderschaltung derartiger Relais zwecks Erzielung einer höheren Verstärkung infolge der dadurch bewirkten Verzerrung der Sprache nicht möglich ist.

1. Die Liebenröhre.

Alle diese Schwierigkeiten wurden durch Verwendung der nahezu trägheitslosen Gasionen zur Erzielung des Verstärkungseffektes an Stelle einer Membran oder sonstigen mechanischen Vorrichtung überwunden. Trotz der großen Veränderung bezüglich der Dimensionen, des Gasinhaltes, des inneren Aufbaues usw., welche die alte Liebenröhre von den modernen Verstärkerröhren unterscheiden, enthält die Liebenröhre doch bereits dieselben Konstruktionselemente, wie die heutigen Verstärkerlampen; die wesentlichsten Bestandteile: Glühkathode, Gitter und Anode sind geblieben. Eine Glühkathode wurde bereits früher in der drahtlosen Telegraphie als Detektor unter Ausnutzung der Gleichrichterwirkung verwendet; so benutzte *Wehnelt* eine Oxydkathode, *Fleming* einen gewöhnlichen Glühdraht,

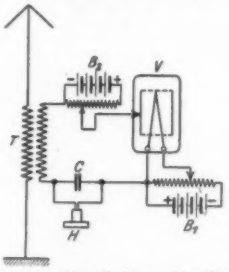

Fig. 1. Ventilröhre (Audion).

umgeben von einem als Anode dienenden Metallzylinder aus Aluminium. Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie verbesserte dann diesen Detektor weiter durch Hinzufügung einer Batterie in den Kreis zwischen Glühkathode und Anode. Fig. 1 zeigt eine derartige Anordnung mit Ventildetektor, wie sie früher u. a. viel von der Marconigesellschaft benutzt wurde. T ist der Kopplungstransformator der Antenne mit dem Detektorkreise, B_1 die Heizbatterie für die Glühkathode, B_2 die Anodenbatterie, H der Fernhörer, der parallel zum Kondensator C gelegen ist, V die Ventilröhre mit Glühkathode und zylindrischer Anode.

Die Wirkungsweise einer derartigen Ventilröhre ist folgende: Durch die Oxydkathode resp. Glühkathode findet eine dauernde Emission von Elektronen statt mit dem Erfolge, daß dadurch der sogenannte Kathodenfall, wie er bei einer selbständigen Entladung (d. h. ohne Glühkathode) vorhanden ist, verschwindet. Infolge-

dessen genügt schon ein geringer Spannungsabfall, um durch die emittierten Elektronen im umgebenden Gase Stoßionisation hervorzurufen und mit den so entstandenen Ionen einen Elektrizitätstransport stattfinden zu lassen. Wird hingegen an die Glühelektrode positive und an die kalte Elektrode negative Spannung gelegt, so verhindert der hohe Kathodenfall an der kalten Elektrode den Elektrizitätsdurchgang so lange, bis die zur Überwindung des Kathodenfalles und Hervorrufung der Stoßionisation erforderliche Spannung erreicht ist. Die Röhre zeigt also eine Gleichrichterwirkung. Durch die Ventilröhre werden nun die von der Antenne aufgenommenen und auf den Detektorkreis übertragenen Wellenzüge gleichgerichtet und so im Telephon hörbar gemacht. Es mag besonders hervorgehoben werden, daß der Elektrizitätstransport in diesen Verstärkerröhren in der Hauptsache durch Gasionen aufrecht erhalten wurde, die Röhren also noch einen beträchtlichen Gasinhalt besaßen. Entsprechend ihrer Verwendung in der drahtlosen Telegraphie wurden diese Wellenanzeiger durch *de Forest* mit dem Namen „Audion" bezeichnet.

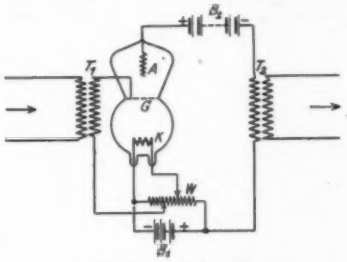

Fig. 2. Liebenröhre.

De Forest führte in die Ventilröhren auch bereits eine dritte Elektrode ein, doch konnte diese in der de Forestschen Anordnung noch keine Steuerwirkung, wie die Liebensche Gitterelektrode ausüben. Der erste, der die Bedeutung des Gitters für die Verstärkerwirkung der Kathodenröhre klar erkannte und zur praktischen Konstruktion ausnutzte, war *Robert v. Lieben*.

Schaltung und innerer Aufbau der Liebenröhre sind in Fig. 2 schematisch angegeben. K ist die Glühkathode aus zickzackförmig aufgewickeltem, mit Calciumoxyd überzogenem Platinband, G das siebartig durchlöcherte Gitter, A die spiralig gewundene Anode. Der zu verstärkende Strom wird über den Eingangstransformator T_1 der Liebenröhre zugeleitet, der verstärkte Strom tritt über den Ausgangsübertrager T_2 heraus. B_1 ist die Heizbatterie, B_2 die Anodenbatterie; mittelst des Widerstandes W lassen sich Heizstrom und die Gitterspannung einstellen. Als Gasinhalt wird Quecksilberdampf von einigen hundertstel Millimeter Druck verwendet. Als Heizbatterie ist eine Batterie von etwa 30 Volt, als Anodenspannung etwa 220 Volt erforderlich. Auch in der Liebenröhre tritt wie bei den früher erwähnten Ventilröhren infolge des hohen Gasdruckes kräftige Stoßionisation ein. Ohne näher auf die einzelnen Vorgänge innerhalb der Liebenröhre einzugehen, können wir uns ihre Wirkungsweise etwa folgendermaßen vorstellen: Bei geeigneter Wahl des Gitterpotentials findet zwischen Gitter und Anode eine Glimmentladung statt, dementsprechend haben wir am Gitter einen Kathodenfall und Kathodendunkelraum. Die Größe des Kathodenfalles wird durch die Ionen beeinflußt, die im unteren Raume durch Stoßionisation der von der Glühkathode emittierten Elektronen erzeugt werden und durch das Gitter in den oberen Raum hindurchtreten. Andererseits ist die Zahl der durch das Gitter hindurchtretenden Ionen von der Spannung zwischen Gitter und Kathode abhängig. Führt also die Gitterspannung periodische Schwankungen aus, so schwankt die Größe des Kathodenfalles am Gitter und damit der innere Widerstand der Röhre entsprechend. Infolge der Proportionalität zwischen Gitterspannung und Anodenstrom ergibt die Röhre damit bei der verschwindend geringen Trägheit der Gasionen eine verzerrungsfreie Übertragung der im Eingangstransformator ankommenden Sprechströme. Die mit der Liebenröhre erreichte Verstärkung ist ungefähr 33-fach ($\beta l = 3{,}5$).

Trotz der bedeutenden Überlegenheit über die bisher vorhandenen Verstärker zeigte die Liebenröhre infolge ihres Gasinhaltes doch eine Reihe von Mängeln, die ihre Verwendung bisweilen sehr erschwerten. Hierher gehört die große Temperaturempfindlichkeit, die beispielsweise die Konstruktion besonderer Röhren für die Tropen erforderlich machte.

2. Die Hochvakuumröhre.

Es war daher ein außerordentlicher Fortschritt, als man von der gasgefüllten Verstärkerröhre zur *Hochvakuumröhre* überging, bei der der Elektrizitätstransport lediglich durch Elektronen stattfindet, die von einer glühenden Kathode emittiert werden. Erst die Einführung der Hochvakuumröhre gestattet die Herstellung von Verstärkerröhren mit absoluter Konstanz und gewährleistet eine gleichmäßige Fabrikation. Während wir bei der Liebenröhre einen Druck von $^1/_{1000}$ Millimeter hatten, werden die Hochvakuumröhren bis zu einem Druck von $1 \cdot 10^{-6}$ mm und darunter mittelst der modernen Vakuummethoden (Gaedesche Diffusionspumpe in Verbindung mit flüssiger Luft) ausgepumpt. Die Zahl der in diesen Verstärkerröhren durch Stoßionisation erzeugten Gasionen ist bei gutem Vakuum nur eine äußerst geringe, so daß sie gleichzeitig als Maß für die Güte des Vakuums benutzt werden kann. Die Wirkung des Gitters ist bei der Hochvakuumröhre im Prinzip dieselbe wie bei der

Liebenröhre; die Potentialschwankungen am Gitter beeinflussen die Zahl der durch das Gitter tretenden Elektronen und damit den Widerstand des Rohres. Auch die Schaltung ist dieselbe geblieben wie beim Liebenrohr (vergl. Fig. 3). T_1 und T_2 sind wieder je ein Eingangs- und Ausgangsübertrager, B_1 die Heizbatterie, B_2 die Anodenbatterie und B_3 eine besondere Gitterbatterie, um dem Gitter die erforderliche Gleichspannung aufzudrücken. A ist die Anode, G das Gitter und K die Glühkathode. Fig. 4 und 5

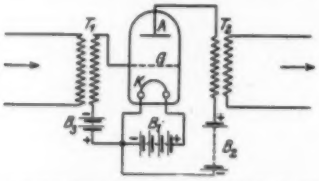

Fig. 3. Hochvakuumverstärker (Einfachgitterrohr).

Fig. 4.
Einfachgitterlampe
Type K 1.

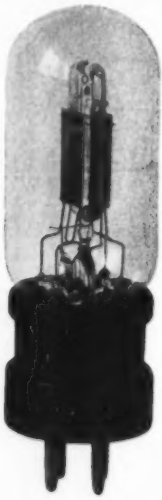

Fig. 5.
Einfachgitterlampe
Type K 6.

zeigen zwei derartige Verstärkerröhren der A. E. G. Als Material für die Anodenbleche wird Molybdän und Tantal für größere Röhren, für kleinere Kupfer verwendet. Die Ausführungsformen der Gitter der Verstärkerröhren sind außerordentlich mannigfaltig; bei älteren Röhren besteht das Gitter aus einem spiralförmig gewundenen Draht, spätere Ausführungsformen, z. B. die K 6-Lampe der A. E. G. haben plattenförmige Anoden zu beiden Seiten des Glühdrahts. Das Gitter ist bei der K 6-Röhre durch Aufwickeln eines Wolframdrahtes aus einem Glasrähmchen hergestellt. In der Abbildung sind Glühdrahtgitter und Anodenbleche erkennbar. Telefunken und Siemens & Halske verwenden bei ihren Lampen auch konzentrische Anordnungen und gestanzte Gitter.

Die Verstärkerwirkung der Hochvakuumverstärkerröhren läßt sich am einfachsten an Hand einer sogenannten „Charakteristik" ersehen. Als Charakteristik bezeichnet man eine Kurve, als deren Ordinate die Stromstärke im Anodenkreis und als deren Abszisse die Gitterspannung aufgetragen ist; vorausgesetzt wird hierbei, daß Anodenspannung und Heizstromstärke konstant gehalten werden. Verändert man auch die Anodenspannung, so erhält man eine Schar von Charakteristiken, die sich mit wachsender Anodenspannung formgetreu nach der Seite negativer Gitterspannungen verschieben. Fig. 6 gibt eine derartige Kurvenschar schematisch wieder. Wie man an den dargestellten Charakteristiken sieht, ergibt eine Veränderung der Gitterspannung ein starkes Abfallen bzw. Ansteigen des Anodenstromes. Für die Verwendung der Verstärkerröhre als Telephonrelais kommt nur der geradlinig verlaufende Teil der Charakteristik in Frage, da eine

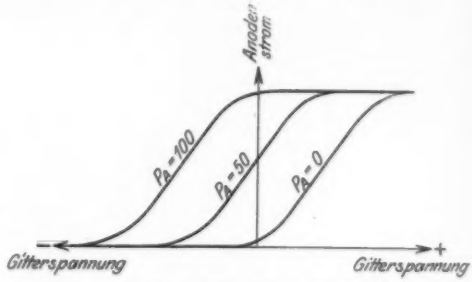

Fig. 6. Charakteristikenschar (P_A bedeutet das Anodenpotential).

Verzerrung der Sprache eintritt, sobald man auf dem unteren auf der Abszisse verlaufenen Teil der Charakteristik oder im Bereich des Sättigungsstromes arbeitet. Das Anodenpotential wählt man zweckmäßigerweise stets so, daß das Gitterpotential stets negativ bleibt, um einen Gitterstrom, der durch eine positive Gitterspannung hervorgerufen würde, zu vermeiden. Das durch die Anode am Gitter hervorgerufene Potential setzt sich mit dem Potential des Gitters zu einem resultierenden Potential zusammen, das für den durch das Rohr gehenden Strom maßgebend ist. Da nun das Gitter dauernd auf negativem Potential gehalten wird, ein Abfluß von Elektronen über das Gitter also nicht möglich ist, so geht der gesamte Elektronenstrom dann über die Anode. Aus den Kurven ersieht man auch, daß für den Verstärkungsgrad einer Verstärkerröhre die „Steilheit" der Charakteristik, d. h. die Neigung gegen die Abszissenachse maßgebend ist. Die Leistung des Rohres dagegen wird durch die Größe des Sättigungsstromes bestimmt.

Um die Fortschritte, die bei der weiteren Durchbildung der Hochvakuumröhre gemacht

sind und die von der Konstruktion der Einfachgitterlampen zu den Doppelgitterlampen führte, verstehen zu können, müssen wir etwas näher auf die Vorgänge innerhalb des Verstärkerrohres eingehen. Wir wollen zunächst einen einfachen Fall betrachten, beispielsweise einen Glühfaden als Kathode, der von einem koaxialen Zylinder umgeben ist, wie es z. B. bei Telefunkenröhren der Fall ist.

Durch Anwendung der kinetischen Gastheorie auf die Elektronentheorie der Metalle hatte *Richardson* für einen glühenden Draht die Gleichung abgeleitet:

$$i = a\sqrt{T}\cdot e^{-\frac{b}{T}},$$

worin i den Sättigungsstrom, T die Temperatur, a und b Konstanten bedeuten. Da wir annehmen können, daß die Elektronen den Glühdraht mit sehr geringer Geschwindigkeit verlassen, so müßten wir schon bei ganz geringem negativen Anodenpotential den Sättigungsstrom, dessen Größe durch die obige Formel angegeben wird, erhalten. Dies ist aber nicht der Fall, sondern wir erhalten den Sättigungsstrom erst bei erheblichen positiven Potentialen. Der Grund hierfür wurde durch die Arbeiten von *Langmuir* und *Schottky* aufgedeckt und beruht in dem sogenannten *Raumladungseffekt*. Die von dem Glühdraht emittierten Elektronen bilden um diesen eine Elektronenwolke und verhindern durch ihre negative Ladung den Durchgang von Elektronen zur Anode. Auf diese Weise wird bei einem bestimmten Anodenpotential nicht der durch die Richardsonsche Gleichung gegebene Sättigungsstrom erreicht, sondern der Strom erreicht nur einen Wert, der außer durch das Anodenpotential durch den Anodenabstand und die sonstigen Dimensionen der Anordnung bestimmt ist. Für den oben angegebenen Fall des Elektronenstromes zwischen einem Glühdraht und einem koaxialen Zylinder hat dieser Strom nach *Langmuir* und *Schottky* den Wert:

$$i = 14{,}65\cdot 10^{-6}\cdot\frac{l}{r}\cdot P^{3/2},$$

worin l die Länge, r den Radius des Zylinders und P dessen Potential bedeutet. Durch den Raumladungseffekt wird also bewirkt, daß der Sättigungsstrom erst bei einer verhältnismäßig hohen Anodenspannung erreicht wird. *Langmuir* hat auch das Mittel angegeben, um den Raumladungseffekt bei Verstärkerröhren herabzusetzen: die Einführung eines zweiten Gitters, das positiv geladen, einen Teil der Elektronenwolke absaugt. Dieses Gitter wird zwischen Glühkathode und dem Steuergitter angebracht. Auf diese Weise ist man zu der Konstruktion der sogenannten Doppelgitterröhren gelangt, wie sie in Deuschland zuerst von der A. E. G. gebaut wurden.

Von der Firma Siemens & Halske sind Doppelgitterröhren hergestellt, die ein zweites Gitter, ein sogenanntes „Schutzgitter" zwischen Anode und Steuergitter besitzen. Dieses Gitter hat den Zweck, die Rückwirkung der Anode auf das Steuergitter herabzusetzen. Auch auf diese Weise läßt sich eine Erhöhung der Verstärkung bei niedrigerem Anodenpotential erzielen.

Durch die Einführung der Doppelgitterlampen ist es möglich geworden, Apparate mit Verstärkerröhren (z. B. als Empfangsapparate für Erdtelegraphie) herzustellen, die keine besondere Anodenbatterie mehr benötigen, sondern welche die erforderliche Anodenspannung unter Hinzuschaltung einiger kleiner Elemente aus der Heizbatterie beziehen.

Neben dem Bestreben, die erforderliche Spannung der Anodenbatterie möglichst herabzusetzen resp. eine besondere Anodenbatterie ganz zu beseitigen, sind Versuche und Vorschläge gemacht worden, auch die Heizbatterie wegfallen zu lassen. Derartige Rohre sind das *Marx*rohr und das *Kossel*rohr, beide nach ihren Erfindern genannt. Diese Rohre besitzen keine Glühkathode, sondern arbeiten mit selbständiger Entladung in Gasen. Das Marxrohr enthält eine Kaliumkathode und verwendet als Gasfüllung Helium. Die Wirkungsweise beruht auf der Tatsache, daß das Kathodengefälle Kalium-Helium sehr gering ist, und damit auch die Entladungsspannung.

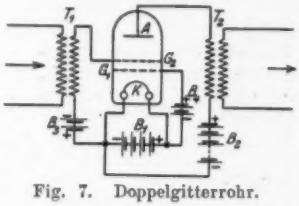

Fig. 7. Doppelgitterrohr.

3. Die Hochvakuumröhre als Verstärkerröhre.

Parallel mit den Fortschritten, die hinsichtlich des inneren Aufbaues der Verstärkerröhren gemacht wurden, ging auch die Entwickelung der für den Verstärkerbetrieb erforderlichen Schaltungen.

Man unterscheidet auf einer Fernsprechleitung je nach der Art des Einbaues der Verstärkeranordnung sogenannte Anfangs- (End-) Verstärker und Zwischenverstärker. Unter Anfangs- bezw. Endverstärkern versteht man Verstärkeranordnungen, die am Anfang resp. Ende der Leitungen eingebaut sind, unter Zwischenverstärkern solche, die in der Mitte der Leitung verlegt oder auf der Leitung verteilt sind. Da der Verstärker für die Sprechströme nur in *einer* Richtung durchlässig ist, so ist es erforderlich, besondere Schaltungen zu verwenden, wenn bei einer Endverstärkerstelle sowohl der abgehende wie der ankommende Strom verstärkt werden soll und ebenso um bei einer Zwischenverstärkerstelle den verstärkten Stromdurchgang nach *beiden* Richtungen zu ermöglichen. Fig. 8 gibt eine von den Fernsprechtruppen im Kriege vielfach verwendete Endverstärkerschaltung wieder, die sogenannte Vierdrahtschaltung, zuerst angegeben von

dem Holländer *van Kesteren*. In der Abbildung bedeutet H den Fernhörer, M das Mikrophon, S_1 und S_2 die Sekundär- und die Primärspule einer Differentialspule, S_3 die Sprechspule des Teilnehmerapparates, V_1 und V_2 sind zwei Verstärker, V_1 zur Verstärkung des ankommenden, V_2 zur Verstärkung des abgehenden Stromes. Beide Verstärker sind zusammen mit einer künstlichen Leitung in einer „Dämpfungsschaltung" vereinigt. Diese Dämpfungsschaltung hat den Zweck, eine Rückwirkung des Verstärkers V_1 auf den Verstärker V_2 zu vermeiden. Es geschieht das in folgender Weise: Die beiden Spulenhälften von S_2, die künstliche Leitung und die Fernleitung bilden die Zweige einer Brückenschaltung. Wenn die beiden Hälften von S_2 sowohl hinsichtlich ihres Ohmschen Widerstandes, wie ihrer Selbstinduktion gleich sind, so findet keine Rückwirkung des Verstärkers V_1 auf den Verstärker V_2 statt, falls die künstliche Leitung K mit der Fernleitung abgeglichen ist. Hierzu ist die Übereinstimmung der elektrischen Größen, soweit sie zur Erreichung der Strom-

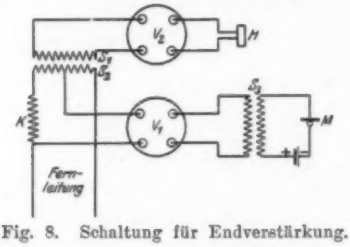

Fig. 8. Schaltung für Endverstärkung.

losigkeit der Brücke in Frage kommen, erforderlich. Bei oberirdischen Freileitungen genügt im allgemeinen eine Nachbildung der Fernleitung in Form einer sogenannten H-Schaltung, worunter man eine H-förmige Anordnung von induktionsfreien Widerständen versteht. Größer werden die Schwierigkeiten beim Ausgleich eines Pupinkabels oder einer Leitung, die aus oberirdischen Freileitungen, verbunden mit Pupinkabeln besteht, wie man es z. B. vielfach in Großstädten hat, wo die von draußen hereinkommenden Fernleitungen mittelst Pupinkabel in die Ämter eingeführt sind. Ist die obenerwähnte Bedingung der Gleichheit zwischen künstlicher Leitung und Fernleitung nicht erfüllt, so übertragen sich die Schwingungen der Schallplatte des Mikrophons M verstärkt auf den Fernhörer H und das ganze System fängt an zu pfeifen; wir haben dann dieselben Verhältnisse, nur unerwünscht auftretend, wie beim Mikrophonsummer.

Die in Fig. 8 angegebene Vierdrahtschaltung kann auch als Zwischenverstärkerschaltung verwendet werden. Sie besitzt aber dann den großen Nachteil, daß auf einer Seite der Verstärkerschaltung 2 Fernleitungen beansprucht werden. Dieser Übelstand ist bei den sogenannten „Gegensprechschaltungen" vermieden. Fig. 9 zeigt eine derartige Schaltung, wie sie von der Reichspost verwendet wird. Im Gegensatz zu den später zu besprechenden Schaltungen mit 2 Verstärkerröhren nennt man diese Schaltung „Einrohrschaltung". Bei dieser Schaltung wird für nach 2 Richtungen durchgehende Sprechströme nur *ein* Verstärker benutzt. Die Wirkungsweise ist folgende:

Angenommen, es treffen über die Fernleitung 1 Sprechströme auf den Verstärker und gehen durch die Spulen S_2, A_1, S_3; dann wird durch die Spulen S_2 und S_3 in den Spulen S_1 und S_4 ein Induktionsstrom erzeugt, der durch die Spulen S_1, G_1, S_4, S_5, S_6 fließt; die Spule G_1 drückt wiederum über die Spule G_2 dem Gitter des Verstärkers eine Wechselspannung im Rhythmus der Sprechströme auf. Der verstärkte Strom geht auf der Anodenseite durch die Spule A_2 und wirkt induzierend auf die Spulen A_1 und A_3, so daß also in beiden Fernleitungen der verstärkte Strom fließt. Die Spulen S_2 und S_3 der Fernleitung 1 und S_6 und S_7 der Fernleitung 2 induzieren ihrerseits wieder je einen

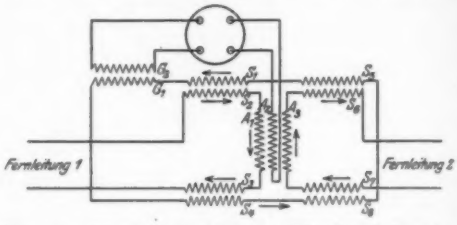

Fig. 9. Gegensprechschaltung (Einrohrschaltung).

Strom im Stromkreis S_1, G_1, S_4, S_5, S_6. Infolge der Anordnung der Spule heben sich diese beiden Ströme aber gerade auf, vorausgesetzt, daß der Scheinwiderstand der beiden Fernleitungen sowohl dem Betrage wie der Phase nach gleich ist. Die Wirkung der Gegensprechschaltung besteht danach darin, daß eine Rückwirkung des Anodenstromkreises auf den Gitterstromkreis infolge Rückkopplung vermieden wird. Wie später noch gezeigt werden wird, führt diese Rückkopplung zum Entstehen von Schwingungen, deren Frequenz von der Selbstinduktion und Kapazität der Transformatoren und Leitungen abhängt und teils im hörbaren Gebiet, teils außerhalb desselben liegt, auf alle Fälle aber die Verständigung beeinträchtigt und die Verstärkung herabsetzt.

In neuester Zeit wird eine Schaltung verwendet, bei der die Gleichheit der Scheinwiderstände auf beiden Seiten des Verstärkers nicht mehr erforderlich ist. Diese Schaltung unterscheidet sich von der alten Gegensprechschaltung dadurch, daß jeder Fernleitung ein besonderer Verstärker und eine besondere künstliche Leitung zugeordnet ist. Auf diese Weise ist es möglich, auch Leitungen von verschiedenem Scheinwiderstand und verschiedener Charakteristik, z. B.

Freileitungen und Pupinkabel miteinander über einen Verstärker zu verbinden.

Mit Hilfe derartiger Verstärkerschaltungen ist es möglich geworden, im telephonischen Verkehr Entfernungen zu überbrücken, deren Bewältigung noch vor wenigen Jahren für völlig unmöglich gehalten wurde. So besteht heute z. B. in Nordamerika eine telephonische Verbindung zwischen New York und San Francisco, eine Strecke von über 4000 km. Die Gesamtdämpfung der Leitung beträgt $\beta l = 2{,}24$. Die Sprechverständigung ist also fast ebenso gut wie auf einer Stadtleitung mittlerer Länge. Diese enorme Leistung wurde durch Einschalten von 6 Zwischenverstärkern auf der mit 400 Pupinspulen ausgerüsteten Leitung erreicht. Ebenso sind die Schwierigkeiten, die sich bisher beim Arbeiten mit Verstärkern auf Pupinkabeln ergaben und die in erster Linie die Herstellung eines passenden Leitungsausgleiches mittelst künstlicher Leitung betrafen, überwunden, so daß die Möglichkeit eines überseeischen Fernsprechverkehrs bereits bedeutend näher gerückt ist. In Nordamerika wird die Erdkabelleitung Boston—Washington über New York und Philadelphia bei einer Länge von etwa 800 km mit einem Dämpfungs-

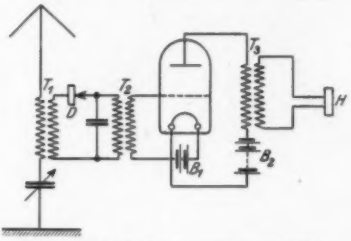

Fig. 10. Niederfrequenzverstärker.

exponenten von $\beta l = 1{,}15$, also einer sehr guten Verständigung betrieben. Auch hier wird dieses Resultat durch gleichzeitige Verwendung von Pupinspulen und Zwischenverstärkern erreicht. Vergleichsweise sei hier eine von *Breisig* hinsichtlich der Sprechverständigung angegebene Tabelle erwähnt. Danach kann die Verständigung bezeichnet werden bei einem

$\beta l = 3{,}0$ gut,
$\beta l = 3{,}5$ befriedigend,
$\beta l = 4{,}3$ Grenze bequemer Verständigung,
$\beta l = 4{,}8$ Verständigung mit großer Mühe.

Wie die Grenze des telephonischen Verkehrs durch die Verstärkerrohre um Tausende von Kilometern erweitert ist, so ist es auch in der drahtlosen Telegraphie erst mit Hilfe des Verstärkers möglich gewesen, die gewaltigen Reichweiten zu erzielen, mit denen wir heute arbeiten. Mit einer Antenne von wenigen Quadratmetern Fläche, die innerhalb eines Zimmers untergebracht werden kann, ist es heute möglich, nahezu sämtliche europäischen größeren Stationen aufzunehmen.

Je nach der Verwendungsart des Verstärkers unterscheidet man zwischen Hochfrequenz- und Niederfrequenzverstärker. Als Hochfrequenzverstärkung bezeichnet man die direkte Verstärkung der Hochfrequenzschwingungen der Antenne und der mit ihr gekoppelten Schwingungskreise, dagegen versteht man unter Niederfrequenzverstärkung die Verstärkung der niederfrequenten Detektorströme. Fig. 10 zeigt eine derartige Schaltung für Niederfrequenzverstärkung. T_1 ist ein Transformator, der den Detektorkreis mit der Antenne koppelt, T_2 und T_3 sind Eingangs- und Ausgangstransformator der Verstärkerröhre, B_1 und B_2 Heiz- und Anodenbatterie, H der Fernhörer. Fig. 11 stellt eine Schaltung für Hochfrequenzverstärkung dar. Die Verstärkerröhre verstärkt die durch den Transformator T_1 übertragenen Antennenströme, die dann weiter mittelst des Ausgangstransformators T_2 auf den Detektorkreis übertragen werden.

Zur Erzielung einer höheren Verstärkung werden mehrere Verstärkerröhren in sogenannter Kaskadenschaltung hintereinandergeschaltet. Dabei wird die Sekundärspule des Ausgangstransformators der vorangehenden Verstär-

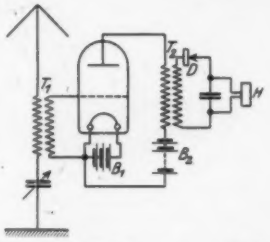

Fig. 11. Hochfrequenzverstärker.

kers als Primärspule des Gittertransformators des folgenden Verstärkers benutzt. Auf diese Weise ist es möglich geworden, bis zu 10 000-facher Verstärkung zu gelangen. Ausführungen von Empfangsverstärkern in Kaskadenschaltung zeigen die Fig. 12—14, der Zweiröhrenverstärker der Fig. 12 ist eine Ausführung von Telefunken, Fig. 13 und 14 ein Dreiröhren- resp. Vierröhrenverstärker der A. E. G. Bei dem Dreiröhrenverstärker der A. E. G. ist durch die Verwendung der oben beschriebenen Verstärkerröhren mit Doppelgitter die erforderliche Anodenspannung soweit herabgesetzt, daß eine besondere Anodenbatterie nicht erforderlich ist. Die Anodenspannung wird durch die Heizbatterie von 6 Volt unter Zuschaltung zweier im Kasten selbst untergebrachter Trockenelemente geliefert. Hoch- und Niederfrequenzverstärkung können natürlich auch gleichzeitig verwendet werden.

Abgesehen von der Benutzung als Verstärker kann die Verstärkerröhre infolge ihrer Gleichrichterwirkung auch an Stelle eines Detektors verwendet werden und ist dem Kristalldetektor

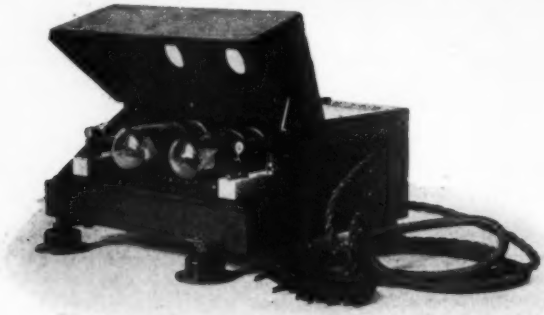

Fig. 12. Telefunken-Zweiröhrenverstärker.

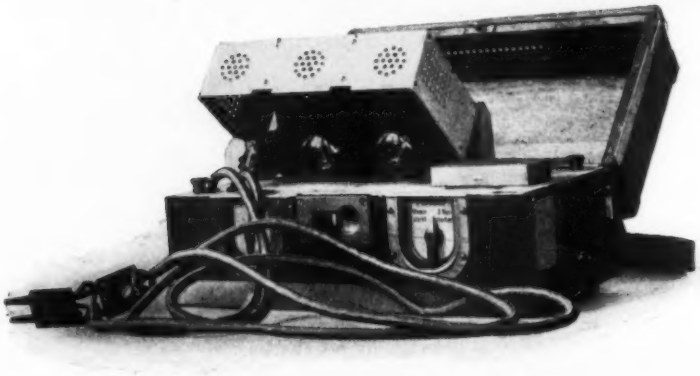

Fig. 13. Dreiröhrenverstärker (A. E. G.).

Fig. 14. Vierröhrenverstärker (A. E. G.).

hinsichtlich Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit bedeutend überlegen. Man bezeichnet einen derart als Detektor verwendeten Verstärker als „Audion". Fig. 15 zeigt eine Schaltung für Audionempfang. Die Wirkungsweise des Audions ist dabei folgende: Vor dem Gitter liegt ein kleiner Kondensator C; dieser Kondensator wird durch die ankommenden hochfrequenten Schwingungen auf der der Antenne zugekehrten Seite abwechselnd positiv und negativ geladen. Wir wollen zunächst einmal annehmen, daß die Antennenseite positiv geladen sei; dann ist die Gitterseite des Kondensators negativ und das Gitter selbst somit positiv geladen. Infolgedessen wird ein Teil der Elektronen aus dem Anodenstrom herausgesaugt. Geht jetzt die Spannung

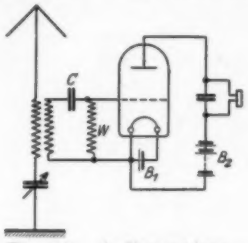

Fig. 15. Audionempfang.

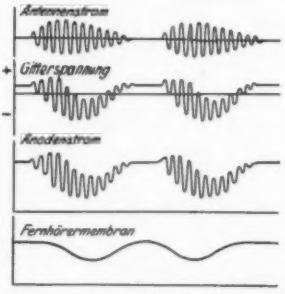

Fig. 16. Vorgang beim Audionempfang.

auf der Antennenseite des Kondensators durch Null, so besitzt das Gitter eine durch die abgesaugten Elektronen hervorgerufene negative Ladung. Erreicht die Spannung aus dem Kondensator ihr negatives Maximum, so ist das Gitter um den Betrag der abgesaugten Elektronen negativer als beim vorangehenden Wechsel. So schaukelt sich die negative Spannung am Gitter allmählich herauf, um beim Abklingen der Schwingung sich über den Widerstand W wieder auszugleichen. In demselben Maße, wie die negative Gitterspannung wächst, wird der Anodenstrom abgedrosselt, so daß man im Telephon einen Ton hört, der der Zahl der ankommenden Wellenzüge entspricht, also bei tönenden Funken mit dem Ton der Sendestation übereinstimmt (vergl. Fig. 16). Die Wirkung des Audions kann noch verstärkt werden durch Rückkopplung des Anodenstromkreises auf die Antenne. Beim Empfang gedämpfter Wellen muß indessen durch genügend lose Kopplung die Erregung von Schwingungen durch die Verstärkerröhre vermieden werden.

Bisher haben wir die Verstärkerröhre lediglich als Empfangsgerät für gedämpfte Schwingungen, wie sie durch Stationen mit tönenden Funken oder durch Knallfunken ausgesandt werden, kennen gelernt. Die moderne drahtlose Telegraphie ist indessen bereits in großem Maßstabe zur Verwendung der ungedämpften Wellen auch bei kleinen und kleinsten Stationen übergegangen. Die Vorteile des Arbeitens mit ungedämpften Wellen sind so in die Augen fallend, daß es bereits seit langem das Bestreben war, geeignete Methoden zum Senden und Empfang dafür zu finden. Zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Wellen stand bisher außer den Hochfrequenzmaschinen, die indessen nur für Großstationen in Frage kommen, der Poulsen-Lichtbogen zur Verfügung. Die Poulsenlampe befriedigt aber die Anforderungen, die an einen Gene-

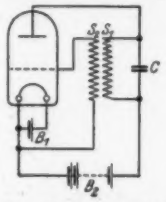

Fig. 17. Generatorschaltung.

rator für drahtlose Telegraphie hinsichtlich Konstanz der Frequenz zu stellen sind, nicht. Hier setzte die Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger für ungedämpfte Schwingungen ein und führte damit die Anwendung der ungedämpften Wellen in der drahtlosen Telegraphie zu einer ungeahnten Entwicklung.

4. Die Hochvakuumröhre als Schwingungserzeuger.

Es wurde im Vorhergehenden schon gelegentlich darauf hingewiesen, daß durch Rückkopplung des Anodenkreises mit dem Gitterkreis unter geeigneten Bedingungen Schwingungen entstehen können. Dieses Prinzip der Rückkopplung wurde 1913 von *Meißner* entdeckt und ist von fundamentaler Bedeutung für die Entwicklung der gesamten drahtlosen Telegraphie geworden.

Fig. 17 ist eine Schaltung, wie sie zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen mittelst Verstärkerröhren benutzt werden kann. Beim Anlegen der Anodenbatterie lädt sich der Kondensator C auf und es entstehen in dem aus dem Kondensator C und der Selbstinduktion der Spule S_1 bestehenden Schwingungskreis schwach gedämpfte Schwingungen. Infolge der Kopplung durch die Spule S_2 finden am Gitter Spannungsschwankungen in demselben Rhythmus statt, die ihrerseits wieder die Stärke des durch

die Verstärkerröhre gehenden Elektronenstromes beeinflussen und so Stromschwankungen im Anodenkreise von demselben Rhythmus erzeugen. Infolgedessen findet eine dauernde Energiezufuhr zu dem Schwingungskreise S_1C statt, bis sich ein Gleichgewichtszustand einstellt, in dem die *verbrauchte* Schwingungsenergie *gleich* der *aufgenommenen* ist; wir haben also dann in dem Schwingungskreise S_1C ungedämpfte Schwingungen. Wichtig für das Arbeiten der Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger ist, daß Gitterspannung und Anodenspannung einen Phasenunterschied von 180° haben, das Gitter muß also negativ sein, wenn die Anode positiv ist und umgekehrt. Dieser Phasenunterschied kann durch die verschiedensten Schaltungen erreicht werden, z. B. durch Verlegen des Schwingungskreises in den Gitterkreis oder durch Abtrennung des Schwingungskreises und induktive Kopplung mit Anoden- und Gitterkeis. Außerdem ist erforderlich, daß Gitterspannung und Anodenspannung ein bestimmtes Verhältnis zueinander haben; letzteres kann durch Veränderung der Kopplung und passende Wahl der Selbstinduktion im Gitterkreis erreicht werden. Die Frequenz der erzeugten ungedämpften Schwingungen ist bei entsprechend loser Kopplung gleich der Eigenfrequenz des Schwingungskreises S_1C. Durch passende Wahl der Selbstinduktion der Spule S_1 und der Kapazität C kann man von Frequenzen, denen eine Wellenlänge von nur wenigen Metern entspricht, bis zu den niedrigsten Frequenzen der technischen Wechselströme gelangen. Die ersten Versuche, ungedämpfte Schwingungen mittelst Verstärkerröhren zu erzeugen, wurden bereits mit der Liebenröhre gemacht, wobei es gelang, mit 400 Volt Anodenspannung eine Schwingungsenergie von 10—12 Watt zu erzeugen. Inzwischen ist die Herstellung von Senderöhren soweit vorgeschritten, daß wir heute Röhren von 2 kW und darüber haben. Eine Röhre von 500 Watt Leistung zeigt Fig. 18. Der Glühfaden ist V-förmig angeordnet und wird mittelst einer Spiralfeder gespannt; das Gitter ist durch Aufwickeln eines Fadens auf 4 quadratisch angeordnete Gitterstäbe hergestellt. Die Zuleitungen zum Glühfaden und Gitter sind unten im Sockel der Röhre, die Zuleitung zur Anode oben an der Röhre. Infolge der Vervollkommnung der Röhrentechnik bietet auch die Parallelschaltung von Senderöhren keine Schwierigkeiten mehr; so sind beispielsweise Stationen von 10 kW Leistung durch Parallelschaltung von dreißig 500-Watt-Senderöhren gebaut worden. Zur Erzielung einer guten Leistung der Senderöhren sind Gleichstromspannungen von einigen Tausend Volt (1000 bis 4000 Volt) erforderlich. Da es bisher noch nicht gelungen ist, Gleichstrommaschinen für diese Spannungen in zufriedenstellender Weise zu bauen, hat sich die Verwendung von Kathodenröhrengleichrichtern mit Oxydkathode, wie sie von der Akkumulatorenfabrik A.-G. geliefert werden, für kleine Leistungen und für große Leistungen von Quecksilberdampfgleichrichtern eingeführt.

5. Die Hochvakuumröhre beim Empfang ungedämpfter Wellen (Schwebungsempfang).

Die Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger gab auch ein außerordentlich erwünschtes Mittel zum Empfang ungedämpfter Wellen mittelst des sogenannten „Schwebungsempfanges". Die Grundzüge des Schwebungsempfanges waren bereits durch *Fessenden* angegeben; aber erst durch Einführung der Verstärkerröhre als Schwingungserzeuger gelang es, den Schwebungsempfang zu einer wirklich brauchbaren Empfangsmethode für ungedämpfte Wellen auszubilden. Trifft ein Wellenzug in der Antenne aufgenommener ungedämpfter Schwingungen auf den Detektor, so

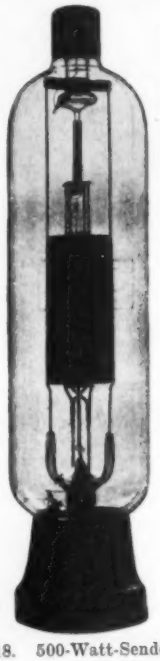

Fig. 18. 500-Watt-Senderöhre.

wird sich dieser nur durch ein einmaliges Knacken bemerkbar machen; ein Empfang ist also ohne besondere Zusatzvorrichtungen ausgeschlossen. Durch Zerhacken der ankommenden Hochfrequenzschwingungen in einem bestimmten Rhythmus mittelst eines Tikkers oder Schleifers lassen sich die ankommenden Wellen im Telephon aufnahmefähig machen. Doch ist das nur eine ziemlich unvollkommene Empfangsmethode, da die ankommenden Schwingungen sich nur als Geräusch, nicht aber als regelmäßiger Ton bemerkbar machen. Beim Schwebungsempfang wird dem Empfangskreis außer der ankommenden Schwingung noch eine zweite Frequenz (Hilfsfrequenz) aufgedrückt, die von der ankommenden nur wenig verschieden ist. Es entstehen dann

zwischen der aufgenommenen und der Hilfsfrequenz Schwebungen, die sich als Ton im Telephon bemerkbar machen. Durch passende Wahl der Hilfsfrequenz läßt sich dann jeder beliebige Ton einstellen. Vor Einführung des Kathodenröhren-Schwingungserzeugers benutzte man zur Herstellung der Hilfsfrequenzen die Poulsenlampe oder auch einen Summer. Eine umfassendere Verwendung des Schwebungsempfanges war aber damit bei der mangelnden Konstanz der Schwingungen sowohl hinsichtlich der Frequenz wie der Amplitude ausgeschlossen. Erst infolge der außerordentlichen Konstanz der mit der Kathodenröhre erzeugten Schwingungen war die Möglichkeit für eine allgemeine Verwendung des Schwebungsempfanges gegeben. Fig. 19 zeigt eine derartige Schaltung für Schwebungsempfang (auch Überlagerungsempfang genannt). Die Hilfsfrequenz wird durch die Verstärkerröhre im Schwingungskreise S_1C erzeugt und durch die Kopplungsspule S_3 auf der Antenne übertragen. Der Detektorkreis ist mittelst des aus den Spulen S_4 und S_5 bestehenden Transformators mit der Antenne gekoppelt. Durch Ein-

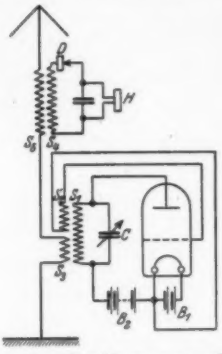

Fig. 19. Überlagerungsempfang.

stellung des veränderlichen Kondensators C wird nun in der Antenne eine passende Schwebungsfrequenz erzeugt und mittelst des Detektors D im Fernhörer H aufgenommen. An Stelle des Detektors kann natürlich auch die oben beschriebene Audionsschaltung verwendet werden.

Im vorangehenden sind die Verwendung der Verstärkerröhre in der Fernsprech- und Telegraphentechnik mit und ohne Draht und die außerordentlichen Fortschritte, die in den wenigen Jahren seit ihrer Einführung gemacht sind, geschildert. Aber damit ist das Verwendungsgebiet des Kathodenröhrenverstärkers bei weitem noch nicht erschöpft. In weitgehendem Maße werden Senderöhren anstatt Löschfunkenstrecke bereits für die Zwecke der Diathermie in der Medizin benutzt. Vielleicht ist auch die Verstärkerröhre berufen, das alte Edisonsche Problem der sprechenden und singenden Kinematographie auf neuem Wege zu lösen. Jedenfalls geht man wohl nicht fehl mit der Annahme, daß die Entwicklung der Verstärkungsröhre, sowohl was ihren inneren Bau wie ihre Verwendung betrifft, noch keineswegs abgeschlossen ist, sondern daß eine große Reihe technischer Aufgaben noch der Lösung mit ihrer Hilfe harren.

Besprechungen.

Winterstein, Hans, Die Narkose. *Monographien aus dem Gesamtgebiete der Physiologie der Pflanzen und der Tiere.* 2. Band. Berlin, Julius Springer, 1919. IX, 319 S. und 7 Fig. Preis geh. M. 16,—, geb. M. 18,—.

Die Resultate der physiologischen Forschung sind fast gänzlich in Fachzeitschriften publiziert, größere Zusammenfassungen selbst beträchtlichen Umfangs in den wertvollen, aber auch nur dem Fachmann zugänglichen „Ergebnissen der Physiologie" (*L. Asher* und *K. Spiro*). Demgegenüber kann die Veröffentlichung von physiologischen Monographien in Buchform, wie sie in dieser neuen Sammlung beabsichtigt wird, als ein willkommener Versuch betrachtet werden, die Probleme der Physiologie größeren biologisch und medizinisch interessierten Kreisen verständlich zu machen, gleichzeitig aber auch durch Lenkung des Interesses der Forscher selbst auf die „Lebensfragen" ihrer Wissenschaft dort anregend zu wirken, wo sich ein beträchtliches methodisches Können und vielseitiges Wissen nicht immer mit einem Blick für das Wesentliche paart.

So faßt auch der Rostocker Physiologe *Winterstein* sein Thema, die Narkose, an, das für eine kritische Behandlung gerade jetzt besonders geeignet erscheint; ist doch der Mechanismus der Narkose in den letzten Dezennien Gegenstand lebhafter Diskussion gewesen und hat gerade in allerjüngster Zeit eine weitgehende, wenn auch nicht restlose Aufhellung erfahren. So sichtet denn der Verfasser mit Rücksicht hierauf kritisch das große Forschungsmaterial — mehr als 700 experimentelle Arbeiten sind bibliographisch registriert und verwertet — und arbeitet geschickt aus dem Wust der Einzelforschung das Haltbare und theoretisch Wichtige heraus, wobei er sich unter Fortlassung aller praktisch-medizinischen Gesichtspunkte ganz auf die allgemein-physiologische Seite der Frage beschränkt.

Die zentrale Bedeutung der Narkose für die Analyse der Lebenserscheinungen ist zuerst von *Claude Bernard* festgestellt durch die Entdeckung der allgemeinen Narkotisierbarkeit beliebiger Zellen und Organe im ganzen Tier- und Pflanzenreich und aller Arten von Lebensfunktionen durch eine große Zahl chemisch indifferenter Substanzen. Demgemäß müssen wir heute unter Narkose viel mehr verstehen als die reversible Ausschaltung der nervösen Funktionen, oder gar nur des Großhirns. Nach *Winterstein* ist „Narkose ein durch chemische Agentien hervorgerufener Zustand allgemeiner Verminderung des Reaktionsvermögens der lebendigen Substanz, dessen Intensität innerhalb gewisser Grenzen sich in gleichem Sinn ändert, wie die Konzentration der ihn bedingenden Agentien". Verfasser behandelt zunächst die charakteristischen Merkmale des narkotischen Zustandes, wobei gegen mannigfache neuere Anzweifelungen das Vorhandensein eines echten Erregungsstadiums, wie es aus der menschlichen Inhalationsanästhesie bekannt ist, auch bei den narkotischen Lähmungen elementarer Lebensvorgänge verteidigt wird. Nach der Betrachtung spezieller Wirkungen bekannter Narkotika wie Chloroform, Äther,

Äthylalkohol wird die Beeinflussung einzelner Organsysteme, vor allem Nervensystem, Muskulatur, ferner pflanzliche Organe und Organismen analysiert. Naturgemäß gilt das Hauptinteresse dem Nervensystem. Hier ergibt die Untersuchung des Verhaltens streckenweise narkotisierter Nerven die prinzipielle Gleichartigkeit der „Erregbarkeit" und der „Leitfähigkeit" des Nerven. Die Fortleitung der Erregung vom Reizort kommt danach so zustande, daß das primär erregte Nervenelement das benachbarte in derselben Weise in den Zustand der Erregung versetzt, wie es selbst durch den äußeren Reiz darin versetzt wurde: Die Nerven*leitung* ist die sich längs der Faser fortpflanzende Welle differentieller Erregungszustände. Während im unnarkotisierten Nerven die Größe dieser Erregungswelle im ganzen Verlauf unverändert bleibt — die Nervenfaser kennt nur den Zustand der Ruhe oder des Erregtseins ohne Übergang: sogenanntes „Alles-oder-Nichts-Gesetz" —, fällt in der narkotisierten Strecke die Erregung allmählich ab: sogenannte Leitung mit Dekrement.

Winterstein bespricht dann die eigentümlichen Verhältnisse der Narkotikakombinationen, die von *Bürgi* studierten recht unklaren Potenzierungen der Wirkung mancher Substanzen (z. B. Morphium und Äther), andererseits antagonistische Beeinflussungen, die zum Teil jedenfalls auf gegenseitiger Verdrängung vom Wirkungsort beruhen, so die Entgiftung von Blausäure durch Narkotika (nach *Warburg*).

Der zweite größere Teil des Buches, den Theorien über den Mechanismus der Narkose gewidmet, wird das besondere Interesse des physiologischen Fachmannes erregen; hat doch, wie schon erwähnt, die Lösung dieses Problems nach mancherlei Irrungen und Wirrungen gerade in letzter Zeit viel an Eindeutigkeit und Klarheit gewonnen. Die Theorie *Verworns*, die Narkose beruhe auf Erstickung der Zellen, die den Sauerstoff nicht mehr verwerten könnten, wird abgelehnt, wie es jetzt wohl ziemlich allgemein geschieht, da sie als experimentell widerlegt anzusehen ist. Insbesondere wurde von *Warburg* der bündige Beweis geliefert, daß die Narkotika zwar die Atmung der Zellen hemmen, aber erst in vielfach höheren Konzentrationen, als zur Narkose erforderlich ist, daß man an derselben Zelle z. B. narkotische Hemmung des Wachstums ohne Beeinflussung der Oxydationen erzielen kann, oder, wie *Winterstein* selbst nachwies, wird durch geringe Konzentrationen Alkohol die Reflexerregbarkeit des Froschrückenmarks aufgehoben, während der Sauerstoffverbrauch eher gesteigert ist u. a. m.

Auch die Lipoidtheorie der Narkose von *H. H. Meyer* und *Overton*, die auf Grund des weitgehenden Parallelismus des Teilungskoeffizienten einer Substanz zwischen Lipoidphase und Wasser einerseits und ihrer narkotischen Kraft andererseits, der Löslichkeit der Verbindung in den Zellipoiden das entscheidende Gewicht beigemessen hat, wird nach gründlicher Diskussion verworfen, da diese Theorie zwar ungemein anregend auf die Forschung gewirkt hat, auch zahlreiche Tatsachen einheitlich zu erklären, andere plausibel zu machen geeignet ist (z. B. fiele ein ganz neues Licht auf den ungemeinen Lipoidreichtum des Gehirns, wenn der Erregungsvorgang sich in einer Lipoidphase abspielen würde), aber schließlich steht doch auch sie mit gewissen experimentellen Daten in unlöslichem Widerspruch. Vornehmlich macht diese Hypothese den Anspruch, die sogenannte Regel der homologen Reihe zu erklären, die Zunahme der narkotischen Wirkungsstärke bei den höheren Gliedern einer homologen Substanzreihe, da nämlich die Lipoidlöslichkeit sich in gleichem Sinn verändert. Gegen sie spricht aber vor allem, daß, hauptsächlich nach den Feststellungen *Warburgs*, sowohl die Anreicherung der Narkotika, als ihre charakteristische Wirkung sich in sehr ähnlicher Weise an lipoidfreiem Material nachweisen läßt: z. B. Anreicherung an den Stromata der Blutzellen, deren Lipoide durch Extraktion entfernt sind, Hemmung der Gärung und Sauerstoffatmung von Acetonhefe, die infolge ihrer Herstellung lipoidarm ist (*Winterstein* sagt sogar „lipoidfrei", was nicht genau zutreffen dürfte), endlich narkotische Oxydationshemmung im Wasserextrakt von Leberzellen, ja Narkotisierbarkeit einfacher fermentativer Vorgänge und katalytischer Modelle, wie der Wasserstoffsuperoxydzersetzung durch kolloidales Platin oder der Verbrennung von Oxalsäure an Tierkohle.

Alle diese Vorgänge werden durch eine andere Theorie völlig zureichend erklärt, die sehr viel anschaulicher ist und obendrein der Regel der homologen Reihe in besserer quantitativer Übereinstimmung gerecht wird als die Lipoidhypothese. Diese zuerst von *J. Traube* aufgestellte Theorie sieht den entscheidenden Umstand für die narkotische Wirkung in der Oberflächenaktivität der Substanzen. Nach *Traube* ist die Oberflächenspannung einer Lösung eine Funktion des „Haftdrucks" der gelösten Substanz im Lösungsmittel und ändert sich gleichsinnig mit ihm (*Winterstein*, Seite 230, sagt versehentlich: „ändert sich im entgegengesetzten Sinn"); je geringer der Haftdruck, um so größer die Kapillaraktivität, die sich in Anreicherung an der Oberfläche, Erniedrigung der Oberflächenspannung, Adsorbierbarkeit an festen Grenzflächen und dergleichen geltend macht.

Traube machte zuerst darauf aufmerksam, daß kapillaraktive Stoffe in homologen Reihen, in Wasser gelöst, dessen Oberflächenspannung im Verhältnis $1 : 3 : 3^2 : 3^3$ erniedrigen, und daß nach *Fühner* dieselbe quantitative Beziehung für die Entwickelungshemmung von Seeigeleiern durch einwertige Alkohole gilt. Auch für andere Substanzreihen hat sich diese Gesetzmäßigkeit als zutreffend erwiesen, und es haben sich noch weitere interessante Zusammenhänge ergeben, wie nach *Shryver* und *Traube* der Parallelismus zwischen Oberflächenaktivität eines Stoffes und seiner Tendenz, Gele zu verflüssigen — was möglicherweise für die Eigenschaft der Narkotika, hervorragend schnell in Zellen einzudringen, von Bedeutung ist. Ein anschauliches Verständnis für den Zusammenhang von narkotischer Wirkung und Kapillaraktivität ergaben aber vor allem die Versuche *Warburgs*, der im Hefepreßsaft einen genauen Parallelismus von Gärungshemmung und „Fällungskraft" der Narkotika (d. h. der Fähigkeit, Eiweißniederschläge zu erzeugen) aufdeckte. Diese Fällung, durch die Adsorption der Narkotika an den gelösten Kolloiden verursacht, führt zu einer Verkleinerung der wirksamen Oberfläche der kolloidalen Fermente und damit zu einer zunehmenden Unwirksamkeit derselben. Ganz allgemein ist es die *Adsorbierbarkeit* der Narkotika, die ihre Wirkung hervorruft und, wie spätere Untersuchungen zeigten, stellt die Fällung einen übertriebenen (nicht mehr „reversiblen") Ausdruck dieses Mechanismus dar, während die eigentliche narkotische Hemmung in der *Umhüllung* der kolloiden Fermentteilchen, sowie der festen Zellstrukturen, damit auch in der Verdrängung des Ferments oder des Fermentsubstrats von den Strukturoberflächen gesucht werden muß. Im Modell konnte z. B. die Verdrängung

von Oxalsäure durch Narkotika von der Oberfläche von Tierkohle und damit eine Hemmung ihrer spontanen Oxydation an dieser nachgewiesen werden.

Während die narkotischen Hemmungen der *chemischen* Zellvorgänge am besten primär durch die Umhüllung kolloid gelöster oder adsorbierter Fermente erklärt werden, dürften für die Narkose der nervösen Funktionen die festen Zellstrukturen den Angriffspunkt vorstellen. Der „Erregungsprozeß" beruht wahrscheinlich auf physikalischen Vorgängen: Änderung von Ionenkonzentrationen an Membranoberflächen, allgemein Phasengrenzflächen. Durch die Adsorption der Narkotika wird das Verhalten dieser Membranen verändert, ihr Quellungszustand, ihre Kolloidstruktur, ihre Salz- und Wasserdurchlässigkeit modifiziert und damit auch die Konzentration der Ionen in unmittelbarer Nähe der Membran. Was hiervon für die Aufhebung der Erregbarkeit entscheidend ist, steht nicht fest, aber soviel hat sich aus den Versuchen *Lillies, Höbers, Arrhenius'* und des Verfassers ergeben, daß während einer reversibeln Narkose die Salz- und Wasserdurchlässigkeit der Gewebe vermindert ist, im Einklang mit der Annahme, daß jede Erregung mit einer Durchlässigkeitserhöhung verbunden ist. Summa summarum ergibt sich als Schlußresultat der Satz, mit dem Verfasser sein Buch beschließt: „Der Wirkungsmechanismus der Narkotika beruht vermutlich auf ihrer leichten Adsorbierbarkeit an die Strukturbestandteile der lebenden Systeme."

Wenn hier aus zahlreichen Einzelheiten des Buches nur das Wesentlichste angedeutet werden konnte, so freut sich Referent festzustellen, daß er den Darlegungen des Verfassers fast völlig beipflichten kann, nicht allein in den allgemeinen Schlußfolgerungen, sondern auch in der Bewertung vieler in Fluß befindlicher Vorstellungen und zahlreicher Details. Nur hinsichtlich zweier Punkte seien einige kritische Einwendungen gestattet. So fruchtbar sich der Gesichtspunkt der Oberflächenaktivität erwiesen hat, darf doch nicht verkannt werden, daß den ursprünglichen Vorstellungen *Traubes* große theoretische und sachliche Mängel anhaften. In eine Diskussion dieser noch jetzt teilweise höchst unpräzisen Gedankengänge kann an dieser Stelle nicht eingetreten werden; erwähnt sei nur z. B., daß der Teilungskoeffizient einer oberflächenaktiven Substanz zwischen Wasser und Öl Folgeerscheinung ihres Haftdrucks im Wasser sein soll, ohne daß ihre Beziehung zum zweiten Lösungsmittel berücksichtigt wird, so daß danach das Verhältnis der Teilungskoeffizienten aller solcher Substanzen zwischen Wasser und jeder beliebigen zweiten Phase dasselbe wäre. Auch läßt Verfasser nicht klar erkennen, wie weit er sich diese Vorstellungen alle zu eigen macht. Vermissen muß man aber bei *Winterstein* jeden Hinweis darauf, daß den quantitativen Übereinstimmungen zwischen der Oberflächenspannung wäßriger Lösungen homologer Substanzreihen und ihrer narkotischen Wirkungsstärke die allergrößten Abweichungen gegenüberstehen. Daß die Erniedrigung der Oberflächenspannung unmöglich selbst, wie *Traube* annahm, Ursache und Maß der narkotischen Kraft sein kann, geht nicht allein daraus hervor, daß die Reihen untereinander nicht zusammenstimmen: die Urethane wirken z. B. viel stärker narkotisch als die entsprechenden Alkohole und erniedrigen die Oberflächenspannung des Wassers weit weniger —, sondern es gibt stark wirksame indifferente Substanzen, die überhaupt keinen merklichen Einfluß auf die Oberflächenspannung des Wassers haben, z. B. die substituierten Harnstoffe, wie Phenylharnstoff. Gerade hieraus ergibt sich, daß eine andere kapillaraktive Eigenschaft, nämlich die Adsorbierbarkeit, für die narkotische Wirkung ausschlaggebend ist. In der Tat reichert sich Phenylharnstoff z. B. sehr stark an Tierkohle an. Die Erniedrigung der Oberflächenspannung ist zwar ein häufiges aber keineswegs durchgängiges Anzeichen für diese Eigenschaft.

Ein anderer Einwand ist mehr begrifflicher Natur. *Winterstein* bekennt sich als Anhänger *Machs* und erwartet von der Ausschaltung des Ursachbegriffs und seines Ersatzes durch die bloße Funktionsbeziehung gerade für die Biologie eine wertvolle Klärung ihrer vielfach verschwommenen Grundvorstellungen. Jedoch die besondere Anwendung, die der Verfasser von dieser denkökonomischen Lehre macht, wirft kein allzu günstiges Licht auf ihre Zweckdienlichkeit hierzu. Die Schwierigkeit des Begriffs der Erregbarkeit soll dadurch umgangen werden, daß man an Stelle der Erregbarkeit selbst ihr Maß einführt. Seite 7: „Unter Erregbarkeit der lebendigen Substanz verstehen wir mithin die relative Größe der Reaktionen auf bestimmte Reize." Da „Reaktion auf Reiz" nichts anderes heißt als Erregung und Reiz nichts anderes als die äußere Ursache einer Erregung, so ist einerseits der Kausalbegriff nicht ausgeschaltet, andererseits aber die Erregbarkeit nur auf die Erregung zurückgeführt. Daß nun auf eine Analyse des Begriffs der Erregung verzichtet wird, ist für die Klärung des Narkosebegriffs von erheblichem Nachteil. Zunächst wird die Narkose als „reversible Verminderung des Reaktionsvermögens auf Reize", also der Erregbarkeit, eingeführt, späterhin wird aber als Narkose auch die Lähmung solcher Funktionen bezeichnet, die selbst bei weitester Fassung des Begriffs der Erregbarkeit nicht mehr unter ihn fallen, z. B. Stoffwechselvorgänge, die als unabhängig von äußerer Reizung den erregbaren Funktionen geradezu entgegengesetzt sind (chemische „Reaktion" hat natürlich nichts mit dem Reaktionsvermögen im obigen Sinne zu tun). Referent hat es stets vermieden, diese Lähmung als Narkose zu bezeichnen und dafür den weiteren Begriff der narkotischen Hemmung benutzt. Doch auch nach Ausschaltung der chemischen Vorgänge, die obendrein erst bei beträchtlich höheren Konzentrationen gehemmt werden, bleibt noch eine Reihe sichtbarer Zellprozesse übrig, für deren Unterdrückung auch quantitativ die gleichen Regeln gelten, wie für die Aufhebung der Erregbarkeit, etwa die Zellteilung, die aber auch nicht zu den erregbaren Funktionen gerechnet werden dürfen. Wir müssen danach auch hier noch neben dem engeren Begriff der Narkose der erregbaren Funktionen den der Narkose im weiteren Sinn einführen, ein Umstand, der durch die unzureichende Bestimmung des Begriffs der Erregbarkeit verschleiert wird.

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß bei der schnellen Folge der Publikationen auf diesem Gebiet ohne Schuld des Verfassers diese oder jene Angabe verwandt ist, die sich mittlerweile als unrichtig herausgestellt hat; so sind z. B. die ausführlich besprochenen Versuche *Morals* (Seite 186, Fig. 4 und 5) über die Temperaturabhängigkeit der Narkose peripherer Nerven inzwischen von *Höber* als auf methodischen Fehlern beruhend erwiesen. Bei einer neuen Bearbeitung sollten auch die in den letzten Jahren veröffentlichten Versuche von *Gildemeister* und *Schwarz* erwähnt werden, die bei der Haut die Abnahme des Polarisationswiderstandes während einer Erregung nachwiesen, welche nur auf erhöhter Elektrolytdurchlässigkeit während derselben beruhen kann.

Dem Buch möge ein voller Erfolg bei der medizinisch und biologisch interessierten Leserwelt beschieden sein!

Otto Meyerhof, Kiel.

Höber, Rudolf, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Berlin, Julius Springer, 1919. VIII, 550 S. und 244 Abbild. Preis geh. M. 22,—, geb. M. 26,60 + 10 %.

Jeder, der den Verfasser des vorliegenden Lehrbuches von seiner „Physikalischen Chemie der Zelle und Gewebe" her als einen Meister klarer Darstellung kennen gelernt hat, mußte mit großen Erwartungen an sein neues Werk herantreten. Diese Erwartungen werden nun, um dies vorweg zu nehmen, voll befriedigt: Wir können das Höbersche Buch als eine sehr erfreuliche Bereicherung unserer physiologischen Lehrbuchliteratur begrüßen. Lehrbücher der Physiologie besitzen wir bereits eine ganze Anzahl, und darunter ganz vortreffliche, die ein reichhaltiges Tatsachenmaterial systematisch geordnet vermitteln. So sei z. B. an die von *Rosemann* besorgten Neuauflagen des Landoisschen Lehrbuches erinnert. — Schon der verhältnismäßig geringe Umfang des Höberschen Buches beweist, daß diesmal nicht bezweckt wurde, ein an Einzelheiten lückenloses Material zu liefern, sondern vielmehr in großen Linien ein möglichst vollständiges Bild von dem jetzigen Stand der Physiologie zu geben. Natürlich konnte auch dies nur an der Hand von Einzeltatsachen geschehen, nur mußten diese mit Takt und Kritik ausgewählt und so geordnet werden, daß der Hauptzweck, eine lebendige Entwicklung der physiologischen Vorgänge in ihren wesentlichen Zügen, gewahrt bleibt. Bei dieser schwierigen Aufgabe bekundet nun der Verfasser eine glückliche Hand. Der Fluß der anregenden Darstellung erleidet durch bloße Anhäufung ermüdender Details nirgends eine Stockung, und nirgends lassen die mitgeteilten Einzeldaten den Zusammenhang mit dem Ganzen vermissen. Daß dabei mancher Ballast, der infolge der „Beharrungstendenz" aus einem Lehrbuch ins andere übernommen, sein Dasein fristet, zum Opfer fiel, ist selbstverständlich, freilich auch, daß mancher wertvolle Befund nicht aufgenommen werden konnte, um die knappe Fassung nicht zu stören und um den Umfang des Buches nicht zu sehr anschwellen zu lassen. Wirklich Wichtiges wird man jedoch kaum vermissen. Die Einteilung des Werkes ist die übliche. Nach einem einleitenden Abschnitt über die Aufgaben und Grenzen der physiologischen Forschung wird die Physiologie der vegetativen Funktionen (Verdauung, Blutkreislauf, Atmung, Stoffwechsel, Hormone, Fortpflanzung) abgehandelt; in etwa demselben Umfange folgt dann die Physiologie der animalischen Funktionen (Muskeln, Nerven, Zentralnervensystem, Sinnesorgane). Trotz der relativen Kürze der Darstellung kann man das Buch nicht bloß eine „Einführung" in die Physiologie nennen, die den Schwierigkeiten aus dem Wege geht und den Gegenstand abbricht, sobald er beginnt, komplizierter zu werden. Vielmehr vermag Verfasser durch klares Hervorheben des Wesentlichen auch die verwickelteren Prozesse dem Verständnis näher zu bringen. (So sei, um einige Beispiele herauszugreifen, auf die Abschnitte über Resorption und über die Zuckungsgesetze hingewiesen.) Nirgends wird ferner versucht, die Lücken unserer Kenntnisse zu verschleiern, mag auch damit manche Illusion verloren gehen. Die physiologischen Analysen von Vorgängen des alltäglichen Lebens, die überall eingestreut sind, beleben die Darstellung ungemein, und die steten Hinweise auf krankhafte Störungen geben dem Buch als Grundlage und Vorbereitung für die klinischen Semester einen besonderen Wert. Nicht unerwähnt darf die schöne Ausstattung des Werkes bei verhältnismäßig mäßigem Preis bleiben, was in unserer Zeit doppelt wohltuend empfunden wird.

P. Rona, Berlin.

Nocht, B., und M. Mayer, Die Malaria. *Eine Einführung in ihre Bekämpfung.* Berlin, Julius Springer, 1918. V, 128 S., 25 Textabb. und 3 Tafeln. Preis M. 11,—.

Das hier angezeigte Buch kommt den Ärzten hochwillkommen. War vor dem Kriege die Malaria in deutschen Landen eine recht seltene Krankheit, so wurde das Wechselfieber im späteren Verlaufe des Krieges mit der immer weiteren Ausdehnung unserer Bewegungen nach dem Osten sehr häufig. Viele, viele Tausende von Soldaten haben die Malaria zurück mit nach Deutschland gebracht. Ja von Leuten, die längere Zeit in Südrußland, in Serbien oder in Mazedonien oder gar in Kleinasien gewesen, ist die Mehrzahl wohl mit Malaria infiziert worden und bekommt nun in der Heimat Anfall über Anfall. Da müssen auch die inländischen Ärzte sich mit den Fortschritten beschäftigen, welche die letzten Jahre in der Erkennung und in der Behandlung der Malaria gebracht haben. Und gerade auf dem Gebiete der Protozoenerkrankungen sind die Forschungen über die Ätiologie und damit über das Wesen der Krankheit in den letzten Jahren von großem Erfolge begleitet gewesen.

Aber auch demjenigen, der sich durch Literaturstudien bemüht hat, auf dem Laufenden zu bleiben, ist das neue Malariabuch von *Nocht* und *Mayer* eine willkommene Gabe. Findet er doch dort eine kritische Sichtung all der unzähligen Arbeiten, welche die letzten Zeiten über die Malaria, über Chinintherapie und Chininprophylaxe hervorgebracht haben. Da ist es sehr dankenswert, daß *Nocht* und *Mayer* ihre langjährigen Erfahrungen in einem kleinen Büchlein zusammenfassen und daß sie alles Wesentliche, was die Wissenschaft bisher über die Entstehung und Behandlung dieser Krankheit gefördert hat, kurz und kritisch darlegen.

Auch für den Nichtmediziner bringt das Buch über die Malaria viel Anregung. Gibt es doch kaum eine Krankheit, die vom allgemeinen naturwissenschaftlichen Standpunkte so viel Interessantes bietet: Die ungeschlechtliche und die geschlechtliche Fortpflanzung der Plasmodien, der Wirtswechsel, die verschiedenen Arten der Malariaerreger, all das ist jetzt in einer so gründlichen Weise erforscht, daß das Studium der Malaria für jedermann, der sich für Naturwissenschaften interessiert, eine Freude bedeutet. Durch gute Bilder im Text, vor allem aber durch treffliche farbige Tafeln wird das Verständnis erleichtert.

L. R. Müller, Würzburg.

Zuschriften an die Herausgeber.

Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie.

Nach einem von Prof. *Lorentz* an den Unterzeichneten gerichteten Telegramm hat die zur Beobachtung der Sonnenfinsternis am 29. Mai ausgesandte englische Expedition unter *Eddington* die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte Ablenkung des Lichtes am Rande der Sonnenscheibe beobachtet. Der bisher provisorisch ermittelte Wert liegt zwischen 0,9 und 1,8 Bogensekunden. Die Theorie fordert 1,7.

Berlin, den 9. Oktober 1919. *A. Einstein.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Walliser Anthrazit. Die Schweiz besitzt zwar eine ganze Reihe von Kohlenvorkommen, die aber alle infolge zu geringer Mächtigkeit nicht abbauwürdig sind. Lediglich im Kanton Wallis streichen vom Montblancmassiv her zwei Karbonzonen zur Rhone hin und setzen sich am andern Ufer fort. In dieser Karbonformation finden sich, wie *E. Höhn* berichtet, stellenweise Anthrazite, jedoch nirgends als regelmäßige Flöze, sondern in verwickelten Faltungen auseinandergerissen oder ineinandergequetscht, bald in dünnen Schichten, bald in linsenförmigen Anhäufungen. Die Gruben liegen zerstreut von der Talsohle hinauf bis zu Höhen von über 2000 m, wodurch sich der rationelle Abbau sehr schwierig gestaltet. Am bekanntesten sind die Gruben von Dorénaz, Collonges und Plan de la Méronaz. Der Walliser Anthrazit hat ein hohes geologisches Alter und ein graues graphitartiges Aussehen; seine Menge wird auf 30 Mill. Tonnen geschätzt, die den Bedarf der Schweiz für fünf Jahre decken könnten, vorausgesetzt, daß es sich um normalen Brennstoff handelte. Der Walliser Anthrazit besteht jedoch, wie die folgenden Zahlen zeigen, zu etwa einem Drittel aus Asche.

Jahr	Grube	Heizwert WE	Flücht. Bestandteile %	Wasser %	Asche %
1915	Dorénaz	4821	7,8	5,2	32,4
1916	„	4708	7,3	6,8	32,5
1917	Chandoline	4957	6,1	8,4	27,1

Die mittelmäßige Beschaffenheit des Brennstoffs sowie die Ungunst der Lage der Fundstellen (vielfach wird die Kohle auf dem Rücken von Maultieren zu Tal gebracht) haben seine Ausbeutung früher nicht recht in Fluß kommen lassen, doch wurden im Kriege vom Schweizer Verein von Dampfkesselbesitzern ausgedehnte Versuche damit angestellt. Dabei zeigte sich, daß sich der Anthrazit alsbald nach seiner Entzündung mit einer leichtschmelzenden Schlackenschicht überzieht, die stark backt und daher das Abschlacken des Rostes unmöglich macht. Auch ein Zusatz von guter Kohle bis zu 50 % ändert hieran nichts, dagegen war die Verfeuerung des Anthrazits in gemahlener Form in einem Zementofen mit Kohlenstaubfeuerung ohne Schwierigkeit möglich. Versuche mit einem Gasgenerator hatten dagegen wiederum ein negatives Ergebnis. Es wurde zwar ein Wassergas von 1200—1300 WE erhalten, doch bildete sich nach einiger Zeit über der Glühzone ein Schlackengewölbe von solcher Stärke, daß es weder durch den Drehrost noch durch Stochern zerteilt werden konnte. Schließlich wurde versucht, den gemahlenen Anthrazit mit langfaserigem, nassem Torf zusammen zu Briketts zu pressen. Bei der Verfeuerung dieser Briketts unter einem Zweiflammrohrkessel mit 96 qm Heizfläche wurde aber nur die geringe Verdampfungsziffer von 3,1 erzielt, obschon die Herdrückstände viel weniger backten als bei früheren Versuchen. Der Nutzeffekt des Kessels betrug nur 38 %, die Verluste waren also außerordentlich groß. Wenn auch bei weiteren Versuchen bessere Ergebnisse wohl möglich sind, so warnt Verfasser doch eindringlich davor, auf den Walliser Anthrazit große Hoffnungen zu setzen. Das Problem der Verfeuerung des Anthrazits steht und fällt mit der Möglichkeit, die Schlacken wegzubringen; diese Frage harrt aber noch der Aufklärung. (Schweiz. Bauztg. Bd. *70*, S. 71—73.) *S.*

Die Ausnutzung der Wasserkräfte in Norwegen. Die „Chemische Industrie" 1919, S. 94, veröffentlicht eine Zahlentafel, aus der das Überwiegen der Wasserkraftwerke gegenüber den Dampfkraftanlagen in Norwegen deutlich hervorgeht.

Jahr	Wasserkraft PS	Dampfkraft PS	Zunahme der Wasserkraft PS
1905	201 591	70 778	—
1906	216 480	70 379	etwa 15 000
1907	300 193	73 201	„ 84 000
1908	343 845	77 051	„ 44 000
1909	369 647	72 932	„ 26 000
1910	435 047	98 330	„ 65 000
1911	465 087	102 784	„ 30 000
1912	662 905	106 738	„ 198 000
1913	763 060	117 793	„ 100 000
1914	807 559	131 117	„ 44 000
1915	1 064 581	138 549	„ 257 000

Diese Zunahme der Ausnützung der Wasserkräfte, die in erster Linie auf die erfolgreiche Entwicklung der *Luftstickstoffindustrie* zurückzuführen ist, war seit dem Jahre 1912 besonders groß. Durch den Ausbruch des Krieges trat im Jahre 1914 offenbar eine Verlangsamung im Ausbau der Wasserkräfte ein, dafür war jedoch im Jahre darauf die Zunahme um so stärker. Auch im Jahre 1917 wurden neue Anlagen für ungefähr 250 000 PS erbaut, die indessen nur zum Teil in Betrieb gesetzt werden konnten, da die Beschaffung der dazu notwendigen Materialien große Schwierigkeiten bereitete. *S.*

Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen. In einer sehr eingehenden Arbeit (*Lichtelektrische Untersuchungen an Salzlösungen.* Inauguraldissertation von *Torsten Swensson* [1919]. Ausgeführt unter der Leitung von Prof. *H. v. Euler* im Allgem. Chem. Laborat. der Stockholmer Hochschule) untersucht *Swensson* den sogenannten Becquereleffekt (1839), der in der Änderung der elektromotorischen Kraft einer Elektrode in einer Flüssigkeit besteht, die eintritt, sobald die Lösung oder die Elektrode belichtet wird. Die Erscheinung ist seit ihrer Entdeckung oft untersucht worden (*Grove, Dewar, Scholl, Wildermann, Baur, Goldmann* und viele andere) und erfuhr Deutungen in zweierlei Richtungen. Die mehr chemische Theorie nimmt die Entstehung neuer potentialbestimmender chemischer Individuen (Metallionen anderer Wertigkeitsstufen) unter der Einwirkung des Lichtes an (*Becquerel*). Dieser in den meisten Fällen unhaltbaren photochemischen Theorie stehen eine Reihe von ziemlich verwickelten lichtelektrischen (physikalischen) Erklärungen (*Wildermann, Goldmann*) gegenüber, die auf dem Boden der Elektronentheorie stehen. *Swensson* hält sich mit seiner, wie es scheint, sehr erfolgreichen Deutung des Tatsachenmaterials auf der Mitte und hat folgende Vorstellung:

Im wesentlichen zeigen sich als das wirksame Moment bei der Belichtung die *Lösungen*, also weder die Elektroden noch irgendwelche Sekundärfaktoren, wie etwa im Licht gebildetes Ozon oder Wasserstoffsuperoxyd. Die belichteten gelösten Stoffe nehmen in dem Lichtfeld der Quecksilberlampe ständig Lichtquanten auf und geben sie einerseits als Wärme oder aber als elektrische Energie an die Elektrode wieder ab. Bei der Belichtung bilden sich Atomgruppen von höherem Energiegehalt als die unbelichteten; ihre Konzentration ist abhängig von:

1. der Lichtmenge *L*,
2. der Konzentration des gelösten Stoffes *B*,

3. der Stromstärke i des Elementes,
4. der Geschwindigkeit der Lichtaufnahme (*Geschwindigkeitskonstante* dieser Reaktion ist K),
5. der Geschwindigkeit der Rückbildung normaler, unbelichteter Substanz (Konstante dieser Dunkelreaktion ist K_1).

Die Atomgruppen mit der höheren Energie, deren Bildung eine Zeitreaktion ist (vergl. 4), sind Ursache des veränderten Potentials und sein Wert ist dementsprechend natürlich auch eine Zeitfunktion.

Aus verhältnismäßig einfachen Überlegungen stellt *Swensson* für die lichtelektromotorische Kraft E in Abhängigkeit von der Zeit t die Formel:

$$E = \frac{\varrho \cdot K \cdot L \cdot B}{K \cdot L + K_1} (1 - e^{-K \cdot (L + K_1) t})$$

auf, die außer den schon genannten Größen den Faktor $\varrho = \frac{K}{K_1}$ enthält. Wie man sieht, ist das Ganze ein Exponentialgesetz, nach dem sich schließlich (für $t = \infty$) der Maximaleffekt:

$$E_{max} = \frac{\varrho \cdot K \cdot L \cdot B}{K \cdot L + K_1}$$

einstellt.

Swensson hat seine Theorie an zahlreichen Beispielen geprüft und gut bestätigt gefunden. Seine Versuchsanordnung war folgende: Ein Quarzreagenzglas enthält Thermometer, Platinelektrode, ein Einleitungsrohr für Stickstoff, mit dem das Ganze gerührt wird, sowie ein Heberrohr, das zu der Gegenelektrode hinführt. Diese steckt in einem lackierten Glasgefäß, bleibt also unbelichtet und kann dauernd mit einer Normalelektrode verglichen werden. Die Quarzglasseite der Kette wird dem Quecksilberlicht ausgesetzt und das gegen die Dunkelelektrode allmählich wachsende Potential zeitlich beobachtet.

Mit dieser Apparatur bestätigt *Swensson* an einer Nickelsulfatlösung die zeitliche Änderung der E. K. nach dem Exponentialgesetz sowie die Abhängigkeit des Effekts von der Lichtstärke und von der Gesamtkonzentration des Elektrolyten. Ferner nimmt er die Potentialkurven von zahlreichen Salzlösungen bei Belichtung auf (Kobalt-, Nickel-, Mangan-, Chrom-, Zink-, Kupfer- usw. Salze, Schwefelsäure, Salzsäure), stellt Versuche über die Potentialänderung bei Abstellung der Belichtung an, die seine Theorie ebenfalls verifizieren, und untersucht schließlich das System Kalumbichromat-Schwefelsäure bei verschiedenen Konzentrationen und prozentischen Zusammensetzungen. Hier ist die Sachlage besonders verwickelt. Beide Stoffe allein zeigen bei Belichtung nämlich einen Potentialrückgang, während ihre Mischung eine Zunahme der E. K. ergibt. Allein auch hier sind Theorie und Experiment in allen Fällen in Einklang zu bringen. *J. E.*

Ein neuer Schlagwetteranzeiger. Trotz zahlreicher sinnreicher Vorschläge, die in neuerer Zeit für die Konstruktion von Schlagwetteranzeigern gemacht wurden, ist die Sicherheitslampe von *Davy* auch heute noch das sicherste Mittel zur Erkennung von Schlagwettern. Durch die Sicherheitslampe wird bekanntlich ein die untere Explosionsgrenze übersteigender Methangehalt der Luft durch die die Flamme umgebende Aureole sichtbar gemacht. Auf einem neuen Prinzip beruht ein von Prof. *Fleißner* konstruierter Schlagwetteranzeiger (D. R. P. 292 420), bei dem das Vorhandensein explosiver Gase nicht nur durch die Aureolenbildung sichtbar, sondern auch hörbar gemacht wird. Über die Grundlagen dieses Verfahrens hat der Erfinder bereits vor einiger Zeit in der Zeitschrift „Bergbau und Hütte", 2. Jahrgang, S. 275, nähere Angaben gemacht. Das neue Verfahren beruht auf der Erscheinung der „chemischen Harmonika" oder der „singenden Flammen". Die ersten Versuche wurden mit verschiedenen Gasflammen (Wasserstoff, Luftgas, Acetylen und Leuchtgas) angestellt, die in einem langen, engen Rohr brannten. Dabei entstanden je nach der Gasart und den Abmessungen des Rohres Töne von verschiedener Stärke und Höhe. Besonders kräftige Töne wurden mit einer Acetylenflamme erhalten und dabei konnte ein heftiges Zucken der Flamme wahrgenommen werden, während eine tönende Leuchtgasflamme scheinbar ganz ruhig brennt; bei genauerem Betrachten der Flamme mit Hilfe eines rotierenden Spiegels kann man aber auch hier Zuckungen und Einschnürungen bemerken. Durch Vergrößern oder Verkleinern der Flamme läßt sich der Ton verstärken bzw. abschwächen und bei einer bestimmten Größe der Flamme hört das Tönen ganz auf. Wenn man aber einer solchen nichttönenden Flamme am unteren Ende des Rohres ein beliebiges brennbares Gas zuführt, so verbrennt dieses Zusatzgas in nächster Nähe der Flamme, wodurch diese größer wird und wieder zu tönen anfängt. Sobald von außen kein Gas mehr zugeführt wird, hört das Tönen wieder auf.

Auf dieser Erscheinung beruht der neue Schlagwetteranzeiger, der natürlich auch zum Anzeigen anderer explosiver Gasgemische dienen kann. Man braucht also nur in einer geeigneten Vorrichtung eine Flamme so einzustellen, daß sie in gewöhnlicher Luft nicht mehr oder nur schwach singt. Sobald man mit dieser Vorrichtung einen Raum betritt, in dem sich explosive Gase befinden, so wird die Flamme vergrößert und es tritt ein neuerliches Tönen bzw. Stärkerwerden des Tones ein. Die Vorrichtung besitzt eine sehr große Empfindlichkeit; bei einer genau eingestellten Flamme genügte es schon, den mit einigen Tropfen Äther benetzten Finger in die Nähe des unteren Rohrendes zu bringen, um ein neuerliches Tönen der Röhre oder ein Stärkerwerden des Tones zu erzielen.

Um eine für praktische Zwecke verwendbare Vorrichtung zu schaffen, wurde an Stelle der ursprünglich benutzten Glasröhre eine Hohlkugel aus Metall mit zwei Ansätzen verwendet, die sich gut bewährt hat. Hierdurch war es möglich, eine Vorrichtung in Form einer Grubenlampe zu konstruieren. Sie besteht aus einer regulierbaren, auf- und abwärts verschiebbaren Flamme, die von einem Glaszylinder umgeben ist. Dieser sitzt in dem unteren Ansatz einer Hohlkugel, die am anderen Ende einen zweiten als Schornstein wirkenden Ansatz besitzt. Dieser sowie der Glaszylinder ist von einem Drahtkorb umgeben. Das Ganze ist in ein Gestänge mit Handhabe eingebaut. Zum Gebrauche wird die Flamme zunächst so eingestellt, daß ein Ton erzeugt wird. Dann wird der Brenner so weit verschoben, daß das Tönen gerade aufhört. Sobald nun explosive Gase in das Innere der Flamme gelangen, beginnt das Tönen von neuem. Das Tönen der Flamme kann nun dadurch unterbrochen werden, daß man die Lampe von dem Punkt, an dem sie singt, wegrückt. Da diese Verschiebung der Lampe bis zum Aufhören des Tönens von der Menge der explosiven Gase abhängig ist, so lassen sich auf diese Weise auch quantitative Messungen vornehmen, wenn man eine empirisch ausgeprobte Skala anbringt. Derartige Anzeiger für explosive Gase können mit Vorteil in allen Betrieben, die mit brennbaren Gasen zu tun haben, so in Gaswerken und Petroleumraffinerien, Verwendung finden. Es dürfte wohl auch möglich sein, nach diesem

Prinzip Warnungsapparate zu bauen, die bei einem bestimmten Gehalt der Luft an brennbaren Gasen von selbst zu tönen anfangen. *S.*

Sichtbare Schallwellen. Professor *A. Schmauß* (München) macht darauf aufmerksam, daß man die von einer punktförmigen Schallquelle ausgehenden Schallwellen unter günstigen Umständen sehen kann. Die Abschußwelle eines schweren Geschützes z. B. kann bei Vorhandensein einer geeigneten Bewölkung als eine über die Wolke hinhuschende Kugelwelle gesehen werden. *S. Finsterwalder* (München) gibt dafür die folgende, offenbar zutreffende Erklärung: Die von der Abschußstelle ausgehende Verdichtungswelle bringt eine feine, nur wenig über den Kondensationspunkt hinausgeschrittene Nebelmasse durch die eben noch ausreichende Kompressionswärme zur Auflösung; man sieht daher einen dunklen Ring in der Bewölkung sich ausbreiten[1]). *O. B.*

Kulturversuche mit weißen Blutzellen des Frosches. Nachdem es gelungen ist, Gewebszellen verschiedener Tiere wochen-, ja monatelang außerhalb des Körpers am Leben zu erhalten, zum Teil sogar zur Vermehrung zu bringen, sollte man meinen, daß dies für die farblosen Blutzellen besonders leicht gelingen müßte, da sie schon im lebenden Körper isoliert leben, nicht zu einem Zellverbande vereinigt sind und in keiner nervösen Verbindung mit den übrigen Körperzellen stehen. Entgegen dieser Vermutung bietet die Kultur der farblosen Blutzellen unerwartete Schwierigkeiten, wie aus zwei Mitteilungen von *Haberlandt* (Zeitschrift f. Biol. Bd. *69*, 1918, S. 275—292 und S. 331—348) zu ersehen ist. Zwar gelingt es leicht, die Leukocyten aus dem Rückenlymphsack des Frosches 2 bis 6 Tage lang außerhalb des Körpers am Leben zu erhalten, wobei sie deutliche amöboide Bewegungen zeigen, ja bei niederer Temperatur konnten einmal ausnahmsweise noch nach 14 Tagen in einem Präparat Blutzellen in Bewegung festgestellt werden; aber weder bei den aus dem Blut entnommenen Leukocyten noch bei denen, die aus Milz und Knochenmark stammten, gelang es, zu langdauernden Kulturen zu gelangen, in denen Zellvermehrung eingetreten wäre. Amitotische[2]) Kernteilungen konnten in Versuchen, die besonders der Frage der Teilungsfähigkeit dienten, zwei bis sieben Tage nach der Entnahme aus dem Körper festgestellt werden, während sie unmittelbar nach der Entnahme aus dem Körper fehlten. Auch diese Teilungen bedeuten nur eine geringe Betätigung im Vergleich mit der Vermehrung, deren Bindegewebszellen außerhalb des Körpers fähig sind.

Wird als Zeichen des Überlebens anstatt der Bewegung oder der Fähigkeit zur Teilung die Färbbarkeit mit Neutralrot benutzt, so erscheinen die Blutzellen noch 3 bis 5 Wochen lang als „lebend". In lebenden Zellen färben sich mit diesem Farbstoff nur die feinen, als Granula bezeichneten Körnchen, während die Grundsubstanz ungefärbt bleibt. Sterben die Zellen ab, so tritt eine Entfärbung der Granula und zuweilen eine diffuse Färbung der Grundsubstanz ein. Die geringen Erfolge der Kultur von weißen Blutzellen außerhalb des Körpers scheinen wesentlich dadurch bedingt, daß es nicht gelang, die Entwicklung von Bakterien ganz zu verhindern. *P.*

[1]) Meteorologische Zeitschrift, Braunschweig 1918, Bd. *35*, S. 184.

[2]) „Direkte" Kernteilung durch einfache Zerschnürung, im Gegensatz zu der mitotischen (indirekten), in der das Chromatin des Kerns in Fäden zerlegt und gleichmäßig auf beide Tochterkerne verteilt wird.

Astronomische Mitteilungen.

Auf ein zurzeit unerklärliches Paradoxon, das der Begleiter des Sirius und der Begleiter von o (40) Eridani darbieten, macht *Hepburn* in der Aprilnummer des Journ. of the Brit. Astron. Association aufmerksam. Die Sachlage ist folgende: Da die Parallaxen von Sirius (0,38″) und von o Eridani (0,20″) bekannt sind, so ist die absolute Helligkeit der Komponenten dieser Doppelsternsysteme gegeben. Man erhält in Einheiten der Sonnenhelligkeit für den Hauptstern des Siriussystems die Helligkeit 30, für den Hauptstern von o Eridani 0,4. Für den schwachen Begleiter des Sirius ergibt sich nur 0,003. Der in bezug auf den Hauptstern fast unbewegte Begleiter von o Eridani ist selbst wieder ein Doppelstern mit bekannter schneller Umlaufszeit, bestehend aus zwei Komponenten mit den scheinbaren Helligkeiten $9{,}1^m$ und $10{,}8^m$. Ihre absoluten Helligkeiten in Einheiten der Sonnenhelligkeit sind rund 0,006 und 0,001. Die schwächere Komponente des Begleiters von o Eridani z. B. würde uns also, an die Stelle der Sonne gesetzt, 1000-mal schwächer leuchten als diese, oder ungefähr ebenso hell als 1000 Vollmonde. Diese drei Sterne sind demnach absolut sehr lichtschwach. Unter den Sternen mit gut bekannter Parallaxe ist die Mehrzahl absolut lichtschwach. Aber dies hat nichts Befremdendes, da diese, soweit bekannt, ohne Ausnahme ein fortgeschrittenes Spektrum, d. h. geringe Oberflächentemperatur, also geringe Flächenhelligkeit, besitzen. Um so überraschender ist die am 60-zölligen Reflektor der Mount Wilson-Sternwarte durch *Adams* erfolgte Feststellung, daß die Spektren der Begleiter von Sirius und o Eridani dem ersten Spektraltypus (A, wie Sirius) angehören, daß also diese absolut so schwachen Sterne nach unserer bisherigen Vorstellung eine hohe Oberflächentemperatur und demgemäß eine große Flächenhelligkeit haben müssen. Da aus Parallaxe und Systembewegung gemäß dem dritten Keplerschen Gesetz die Massen bekannt sind, andererseits das Spektrum die Temperatur und damit mittels des Strahlengesetzes die Flächenhelligkeit liefert, so kann man den Radius und die Dichte dieser Sterne berechnen. Während nun diese elementare Rechnung für den Hauptstern des Sirius, dessen Masse hinreichend genau bekannt ist, und für den Hauptstern von o Eridani, für dessen Masse man eine plausible Annahme machen kann, durchaus wahrscheinliche Werte für die Dichten liefert — Radius des Sirius (Masse 2½ Sonnenmassen) 1,9 Sonnenradien, Dichte 0,37 der Sonnendichte; Dichte von o Eridani (Masse 0,5), dessen Spektrum ein späteres als das der Sonne ist, 1,3 der Sonnendichte —, ergeben sich für die Begleiter, deren Massen sämtlich hinreichend genau bekannt und von der Größenordnung der Sonnenmasse sind, ganz unwahrscheinliche Werte. Für den Siriusbegleiter findet man einen Radius von nur 13 000 km und dementsprechend eine Dichte von über 100 000 Sonnendichten; für die beiden Komponenten des Begleiters von o Eridani findet man Radien von rund 18 000 und 8000 km und Dichten von 24 000 und 280 000 Sonnendichten! Also uns *ganz unmöglich scheinende Werte.* Um z. B. für den Siriusbegleiter eine Dichte gleich der dreifachen Sonnendichte, das ist ⅓ der Erddichte, zu erhalten, ein Wert, den man für eine Gaskugel wohl als obere Grenze bezeichnen kann, müßte man das Spektrum nicht gleich A, sondern gleich Mb (fortgeschrittener III. Typus, wie α Herculis) annehmen. Nun ist bei dem Siriusbegleiter, für den dasselbe Spektrum wie für den

Hauptstern gefunden wurde, die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß nicht das Spektrum des Begleiters, sondern infolge der großen Nähe und Helligkeit des Hauptsternes das Spektrum des erleuchteten Himmelsgrundes um diesen erhalten worden ist. Diese Erklärung ist aber für den Begleiter von o Eridani ausgeschlossen, denn die scheinbare Distanz vom Hauptstern ist hier 8-mal größer, der Hauptstern 250-mal schwächer, und vor allem sein Spektrum ein von dem gefundenen Spektrum seines Begleiters ganz verschiedenes, nämlich *K* (II.—III. Typus, wie Arktur). Auch kann nach anderweitigen Beobachtungen kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß der Begleiter von o Eridani im Gegensatz zu dem gelben Hauptstern weiß ist. Bezüglich des Siriusbegleiters zeigt noch ein roher Überschlag, daß das vom Hauptstern empfangene und nach der Erde reflektierte Licht unmerklich ist.

Man steht hier also vorläufig vor einem unlösbaren Rätsel. Entweder ist das Spektrum des Begleiters von o Eridani trotz aller Evidenz doch kein frühes, d. h. hoher Temperatur entsprechendes, oder aber der Spektraltypus ist kein eindeutiges Kriterium für die Oberflächenhelligkeit, wie man bisher angenommen hat. Die Frage ist *von außerordentlich weittragender Bedeutung für die Stellarstatistik.*

Man kann noch folgendes bemerken: Neuerdings hat *Voûte* (Astrophys. Journ. Bd. *48*, S. 144) für den Heliumstern Boss 1517, also einen Stern höchster Temperatur, die für einen Heliumstern ungewöhnlich große Parallaxe 0,07″ gefunden, während sonst alle Heliumsterne, soweit bekannt, äußerst weit von uns entfernt sind. Damit ergibt sich die absolute Helligkeit des Sternes sehr nahe gleich der Sonnenhelligkeit, für einen Heliumstern unerwartet gering. Der Stern muß also eine kleine Oberfläche (kleine Masse, große Dichte) oder trotz seines Spektrums eine nicht wesentlich höhere Flächenhelligkeit als die Sonne besitzen. Bemerkenswert ist, daß auch die Eigenbewegung dieses Sternes in starkem Gegensatz zu den übrigen Heliumsternen steht und eine sehr große ist, im Visionsradius nämlich + 102 km/sec.

Die Oriongruppe der Heliumsterne. Die Sterne vom ersten Spektraltypus mit Heliumlinien (Oe_5, B_0—B_9) zeigen neben einer starken Konzentration gegen die Milchstraße hin die Eigentümlichkeit, daß sie im Sternbild des Orion zu einem förmlichen Haufen sich zusammenballen. Die auffallende Häufigkeit der Heliumsterne in diesem Sternbild hat die Veranlassung zu der älteren Bezeichnung Oriontypus für den Heliumtypus gegeben. Mit dem großen Nebel im Orion, der sich in seinen weitesten Ausläufern über einen großen Teil des Sternbildes erstreckt, sind die Heliumsterne dieser Gegend physisch verknüpft. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Anblick photographischer Aufnahmen des Nebels und der Anhäufung der Heliumsterne gerade im Nebel, sondern auch aus der Übereinstimmung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne und des Nebels. Die Bewegung der ganzen Gruppe innerhalb des Sternsystems ist nur gering: die scheinbaren Eigenbewegungen der Sterne senkrecht zur Gesichtslinie sind äußerst klein, die Radialgeschwindigkeiten rühren zum größten Teil von der Bewegung der Sonne durch den Raum her, die von der Gruppe weg gerichtet ist.

Die Bewegungen der Sterne der Nebelgruppe werden von *Bergstrand* in einer Arbeit mit dem Titel: Sur le groupe des étoiles à hélium dans la constellation d'Orion, Nova acta regiae societatis scientiarum upsaliensis, Ser. IV, Vol. 5, No. 2, 1919, zu dem Versuch einer *Bestimmung der mittleren Parallaxe der Heliumsterne und des Nebels im Orion* benutzt. Er geht zunächst von folgender Überlegung aus. Sind die den Sternen selbst eigentümlichen Bewegungen, die motus peculiares, klein im Vergleich mit den von der Bewegung der Sonne herrührenden scheinbaren Verschiebungen, den motus parallactici, oder sind sie wenigstens gleichmäßig nach Richtung und Größe verteilt, so daß sie als zufällige Fehler der motus parallactici betrachtet werden können und sich im Mittel aus einer genügenden Zahl von Fällen gegenseitig aufheben, so wird das scheinbare Zusammenschrumpfen der Gruppe, d. h. die allmähliche Verkleinerung der scheinbaren gegenseitigen Abstände der Sterne der Gruppe als Folge der wachsenden Entfernung von der Sonne nach einem hinreichend langen Zeitraum deutlich in Erscheinung treten und zusammen mit der bekannten Radialgeschwindigkeit der Gruppe ein Maß für die Parallaxe liefern. Die *relativen* Bewegungen der Glieder der Gruppe gegeneinander werden aus beobachtungstechnischen Gründen genauer bekannt sein als die absoluten, demnach voraussichtlich einen sicheren Parallaxenwert liefern als letztere. Bei der Oriongruppe liegen nun die Verhältnisse so, daß infolge der ungeheuren Entfernung des Systems auch die scheinbare Kontraktion desselben in außerordentlich langsamem Maße vor sich geht, so daß die relativen parallaktischen Bewegungen der Systemglieder ebenfalls vorläufig an der Grenze des Nachweisbaren sich befinden, trotzdem für fast alle der 15 zu der Untersuchung benutzten hellen Sterne genaue Ortsbestimmungen seit *Bradley*, 1755, vorliegen. Die von *Bergstrand* ausgewählten Sterne gehören den Spektraltypen B_0 bis B_3 an. Unter denselben wurde δ Orionis nahe der Mitte der Gruppe ausgewählt und auf ihn die Eigenbewegungen der übrigen Sterne bezogen. Die mittlere Radialgeschwindigkeit der Sterne beträgt + 16,7 km/sec, während für den Nebel die besseren Bestimmungen im Mittel + 17,4 km ergeben haben. Der Unterschied liegt innerhalb der Unsicherheitsgrenzen der beiden Werte.

Aus der Kontraktion des Systems ergab sich eine Parallaxe von nur 0,0044″, d. h. die Kontraktion des Systems ist noch bedeutend geringer als die motus peculiares der einzelnen Sterne. Werden die motus peculiares ebenso behandelt, so ergibt sich eine zweite sicherere Bestimmung der *Parallaxe der Nebelgruppe* zu rund 0,008″, deren Unsicherheit *Bergstrand* auf weniger als 25 % schätzt. Die entsprechende Entfernung ist rund 400 Lichtjahre, und dem scheinbaren Durchmesser der Gruppe von rund 20° entspricht eine wirkliche Ausdehnung von 130 Lichtjahren. Die ganze Gruppe bewegt sich jährlich um 0,013″ in der Richtung 213°.

Unter den älteren, nach verschiedenen Methoden ausgeführten Versuchen der Parallaxenbestimmung für die Heliumsterne jener Himmelsgegend hat diejenige von *Kapteyn* den mittleren Wert 0,0054″ ergeben. Für drei Doppelsterne der Gruppe findet *Hertzsprung* die mittlere Parallaxe 0,0093″, für den Algolveränderlichen δ Orionis *Stebbins* die hypothetische Parallaxe 0,0032″. Die Größenordnung ist also die gleiche.

Guthnick.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.